

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**



**TESIS**

**VARIACIÓN EN EL PATRÓN DE CRECIMIENTO DEL BROTE  
TERMINAL EN PLANTACIONES DE *Pinus pseudostrobus* Lindl. y  
*Pinus montezumae* Lamb.**

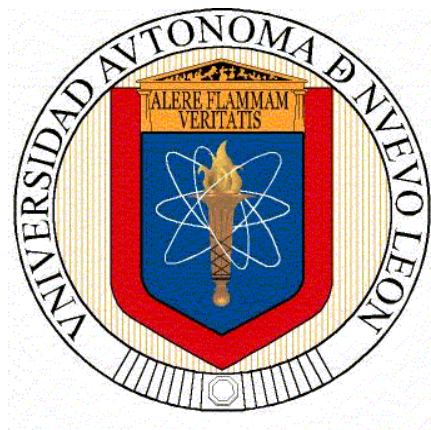
**POR**

**ING. RUBÉN BARRERA RAMÍREZ**

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES**

**DICIEMBRE, 2016**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES  
SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO**



**TESIS**

**VARIACIÓN EN EL PATRÓN DE CRECIMIENTO DEL BROTE  
TERMINAL EN PLANTACIONES DE *Pinus pseudostrobus* Lindl. y  
*Pinus montezumae* Lamb.**

**Por  
Ing. RUBÉN BARRERA RAMÍREZ**

**Para obtener el grado de  
MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES**

**Linares, Nuevo León, México**

**Diciembre de 2016**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**

**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**

**SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO**

**VARIACIÓN EN EL PATRÓN DE CRECIMIENTO DEL BROTE TERMINAL  
EN PLANTACIONES DE *Pinus pseudostrobus* Lindl. y *Pinus montezumae* Lamb.**

**TESIS DE MAESTRÍA**

**Para obtener el grado de  
MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES**

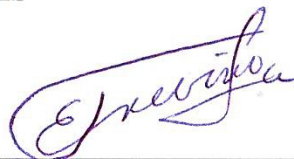
**Por**

**Ing. RUBÉN BARRERA RAMÍREZ**

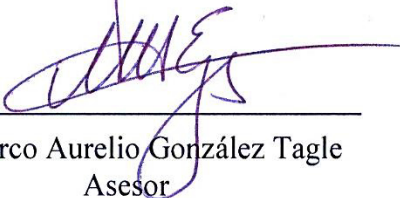
**COMITÉ DE TESIS**



Dr. Ricardo López Aguillón  
Director



Dr. Eduardo J. Treviño Garza  
Asesor



Dr. Marco Aurelio González Tagle  
Asesor



Dr. Martín Gómez Cárdenas  
Asesor externo

## *AGRADECIMIENTOS*

*Deseo manifestar mi sincero agradecimiento a las siguientes instituciones y personas:*

*Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por otorgarme el apoyo económico para la realización de mis estudios de maestría.*

*Al personal docente y administrativo de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León, por todas sus atenciones y por la oportunidad brindada para realizar mis estudios de maestría.*

*Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), por brindarme el apoyo para realizar el presente trabajo, a través del Campo Experimental Uruapan, Michoacán.*

*A la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán por permitirme realizar los estudios correspondientes para el presente trabajo.*

*Agradezco al Dr. Ricardo López Aguillón por su dirección en este trabajo de tesis, su atención especial, la disposición y paciencia mostrada durante la elaboración de esta, pero sobre todo por su amistad.*

*Al Dr. Marco Aurelio González Tagle por su disponibilidad, comentarios y asesorías brindadas para enriquecer el presente trabajo de tesis, así como todo el apoyo brindado.*

*Al Dr. Eduardo J. Treviño Garza por la asesoría brindada en este trabajo ya que sus indicaciones y sugerencias fueron primordiales para la conclusión de este.*

*Al Dr. Martin Gómez Cárdenas investigador titular del Campo Experimental Uruapan del INIFAP, por su dirección, comentarios y sugerencias que enriquecieron en gran medida el presente trabajo.*

*Al Ing. H. Jesús Muñoz Flores investigador titular del Campo Experimental Uruapan del INIFAP, por su amistad, disposición y las facilidades brindadas para la realización de este trabajo.*

*Al Sr. Gabriel García Alcaraz por su apoyo durante la toma de datos de campo.*

*A todas aquellas personas que de una manera u otra participaron en la realización de este trabajo.*

*A MIS AMIGOS. Que a lo largo de mi formación han estado ahí apoyándome y por la amistad que nos une.*

## DEDICATORIA

### ***A MIS PADRES:***

*Juana Ramírez Cruz y Ángel Barrera González con infinito amor y gratitud por haberme dado la oportunidad y apoyo durante mi formación profesional.*

*A mi madre por enseñarme a ser humilde en la vida, a nunca desistir, por sus consejos y por su inmenso apoyo y cariño en mi vida como estudiante y persona. (Gracias mamá).*

*A mi padre por ser ejemplo, gracias a él aprendí a ser constante y valiente en los buenos y malos momentos, a no ser mala persona y a nunca darme por vencido, a nunca dejar de luchar por las cosas que quiero.*

### ***A MIS HERMANOS:***

*Saúl, Lourdes, Miguel Ángel y María del Rosario. Para que nuestros propósitos se vean realizados y siempre luchemos por alcanzar nuestras metas.*

### ***A MI HIJO Y SU MAMA:***

*A Dulce Lorena Santamaría Cortez, por el apoyo, el respeto, la admiración y el cariño que nos une a través de nuestro hijo, por darme la dicha de ser padre y por una vida de éxito, “que dios te cuide y bendiga siempre”.*

*A mi hijo Carlos David Barrera Santamaría con infinito amor por acompañarme en esta travesía, por ser el motor que me empuja a seguir luchando día con día y por la dicha de ser padre te bendigo y le pido a dios que te proteja, que te de un presente maravilloso y un futuro exitoso.*

*Y a todos mis seres queridos, que a lo largo de mi formación personal han estado ahí para apoyarme en cualquier momento.*

***“Gracias”***

# ÍNDICE

<b>ÍNDICE</b> .....	i
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	iv
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	vii
<b>RESUMEN</b> .....	ix
<b>ABSTRACT</b> .....	x
<b>CAPÍTULO I</b> .....	1
<b>I. INTRODUCCIÓN GENERAL</b> .....	1
1.1. Factores que influyen en el desempeño de las repoblaciones.....	2
1.1.2. Condiciones meteorológicas.....	2
1.1.3. Condiciones edáficas.....	3
1.1.4. Procedimientos de preparación del terreno.....	3
1.1.5. Calidad de planta.....	3
1.1.6. Fecha de plantación.....	3
1.1.7. Establecimiento de la plantación.....	4
1.1.8. Control de la vegetación herbácea.....	4
1.2. Patrón de crecimiento en especies forestales.....	5
1.2.1. Crecimiento libre.....	5
1.2.2. Crecimiento fijo.....	6
1.2.3. Crecimiento fijo-libre.....	6
1.2.4. Crecimiento fijo-fijo.....	6
1.3. Características de los brotes en el género <i>Pinus</i> .....	7
1.3.1. Brotes de primavera y verano.....	7
1.3.2. Ciclos de brote anual.....	8
1.3.3. Unidades de crecimiento del brote anual.....	8
1.3.4. Importancia de las unidades de crecimiento.....	9
1.4. Descripción de las especies.....	9
1.5. Hipótesis.....	11
1.6. Objetivo general y orientación de la investigación.....	12

1.6.1. Objetivos particulares.....	12
1.7. Bibliografía.....	13
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>19</b>
2. Desarrollo y supervivencia de <i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl. y <i>Pinus montezumae</i> Lamb., en 5 fechas diferentes de plantación.....	19
2.1. Resumen.....	19
2.1.1. Abstract.....	20
2.2. Introducción.....	20
2.3. Materiales y Métodos.....	21
2.3.1. Descripción general del área de estudio.....	21
2.3.2. Ubicación hidrológica.....	22
2.3.3. Ubicación fisiográfica.....	22
2.3.4. Características físicas.....	23
2.3.5. Vegetación.....	23
2.4. Material vegetal.....	24
2.5. Establecimiento de la plantación.....	25
2.5.1. Proceso metodológico.....	25
2.5.2. Diseño experimental.....	26
2.5.3. Actividades de mantenimiento en la plantación.....	27
2.6. Toma de datos de campo.....	27
2.6.1. Medición de la altura total.....	27
2.6.2. Medición del diámetro a la base del cuello de la raíz.....	27
2.6.3. Diámetro de copa.....	28
2.6.4. Número de plantas vivas (Supervivencia).....	28
2.7. Captura y análisis estadístico de los datos.....	28
2.7.1. Análisis estadístico de los datos.....	28
2.8. Resultados y discusión.....	30
2.8.1. Altura.....	30
2.8.2. Diámetro a la base del cuello de la raíz.....	39
2.8.3. Supervivencia.....	44



2.8.4. Área de copa.....	47
2.8.5. Conclusiones.....	48
2.8.6. Bibliografía.....	50
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>54</b>
3. Patrón de crecimiento interverticilar de <i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl. y <i>Pinus montezumae</i> Lamb., en 5 fechas diferentes de plantación.....	54
3.1. Resumen.....	54
3.2. Abstract.....	55
3.3. Introducción.....	56
3.4. Materiales y Métodos.....	57
3.4.1. Descripción general del área de estudio.....	57
3.5. Proceso metodológico.....	57
3.5.1. Metodología para la toma de datos de las unidades de crecimiento .....	58
3.5.2. Toma de datos de campo .....	60
3.6. Captura y análisis estadístico de los datos.....	60
3.6.1. Análisis estadístico de los datos.....	60
3.7. Resultados y discusión.....	61
3.7.1. Número de interverticilos por año de crecimiento.....	61
3.7.2. Elongación del brote terminal .....	62
3.7.3. Número de fascículos por año de crecimiento.....	65
3.8. Conclusiones.....	70
3.9. Bibliografía.....	71
4. Anexos.....	74

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Sistemas de producción de plántulas de <i>Pinus pseudostrobus</i> y <i>P. montezumae</i> , en el vivero forestal “El Durazno” de la Comunidad Indígena de San Juan Nuevo, Michoacán.....	24
Cuadro 2. Tratamientos evaluados en la plantación de <i>P. pseudostrobus</i> y <i>P. montezumae</i> , en el paraje "El Tejamanil" y “Huiramo” de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán. ....	25
Cuadro 3. Datos promedio de diámetro a la base del cuello de la raíz y altura de <i>Pinus pseudostrobus</i> y <i>P. montezumae</i> , previo al establecimiento de cinco fechas de plantación en el paraje "El Tejamanil" y “Huiramo” en 2013 y 2015 respectivamente, en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán. ....	26
Cuadro 4. Datos promedio del crecimiento en altura de cinco fechas de plantación con <i>Pinus pseudostrobus</i> y <i>P. montezumae</i> , establecidas en el paraje “El Tejamanil” de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, medidas a los 12, 24 y 36 meses. ....	31
Cuadro 5. Datos de precipitación mensual/anual (mm) de los años 2013, 2014 y 2015, de la estación climatológica “El Rosario” municipio de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán.....	35
Cuadro 6. Análisis de varianza y prueba de separación de medias de Tukey (P=0.05.) de la variable altura de <i>P. pseudostrobus</i> y <i>P. montezumae</i> , en el paraje "El Tejamanil" de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán.....	37

Cuadro 7. Datos promedio del crecimiento en diámetro a la base del cuello de la raíz (mm) de cinco fechas de plantación con <i>P. pseudostrobus</i> y <i>P. montezumae</i> , establecidas en el paraje “El Tejamanil” de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, medidas a los 12, 24 y 36 meses.	41
Cuadro 8. Promedio de la supervivencia en cinco fechas de plantación con <i>P. pseudostrobus</i> y <i>P. montezumae</i> , establecidas en el paraje “El Tejamanil” de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, medidas a 12, 24 y 36 meses. ....	45
Cuadro 9. Análisis de varianza (Sig.=0.05) de la longitud total del brote terminal de <i>P. pseudostrobus</i> , establecida en 5 fechas diferentes de plantación en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Mich. ....	62
Cuadro 10. Análisis de varianza (Sig.=0.05) de la longitud total del brote terminal de <i>P. montezumae</i> , establecida en 5 fechas diferentes de plantación en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Mich. ....	63
Cuadro 11. Separación de medias de Tukey (Sig.=0.05) de la longitud total del brote terminal de <i>P. pseudostrobus</i> (A) y <i>P. montezumae</i> (B), establecidas en 5 fechas diferentes de plantación en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Mich. ....	64
Cuadro 12. Análisis de varianza (Sig.=0.05) del número de fascículos por año de crecimiento de <i>P. pseudostrobus</i> , establecida en 5 fechas diferentes de plantación en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Mich.....	66

Cuadro 13. Análisis de varianza (Sig.=0.05) del número de fascículos por año de crecimiento de <i>P. montezumae</i> , establecida en 5 fechas diferentes de plantación en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Mich. ....	67
Cuadro 14. Separación de medias de Tukey (Sig.=0.05) del número de fascículos por año de crecimiento de <i>P. pseudostrobus</i> y <i>P. montezumae</i> , establecidas en 5 fechas diferentes de plantación en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Mich. ....	68

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Características botánicas de <i>Pinus pseudostrobus</i> y <i>Pinus montezumae</i> : A) Árbol, B) Hojas, C) Corteza, D) Conos y E) Semillas; Foto: H. Jesús Muñoz Flores (Derecha) y Rubén Barrera Ramírez (Izquierda). ....	11
Figura 2. Ubicación geográfica de la plantación forestal de <i>Pinus pseudostrobus</i> y <i>Pinus montezumae</i> , en el paraje “El Tejamanil” y “Huiramo” de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro. Fuente. ....	22
Figura 3. Comportamiento del crecimiento en altura en las cinco fechas de plantación de <i>P. pseudostrobus</i> (Derecha) y de <i>P. montezumae</i> (Izquierda) a los 12, 24 y 36 meses de establecida la plantación, en el paraje "El Tejamanil" de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán.....	32
Figura 4. Comportamiento del crecimiento en altura en las cinco fechas de plantación de <i>P.pseudostrobus</i> (Izquierda) y <i>P. montezumae</i> (Derecha), a los 12 meses de establecida la plantación, en el paraje "Huiramo" de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán.....	34
Figura 5. Resultados de la prueba de separación de medias de Tukey en la variable altura, en cinco fechas de plantación de <i>P. montezumae</i> al año de establecida la plantación, en el paraje "Huiramo" de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán. ....	38

Figura 6. Resultados de la prueba de separación de medias de Tukey del crecimiento en diámetro a la base del cuello de la raíz, de cinco fechas de plantación con <i>P. pseudostrobus</i> ( <i>P.p.</i> ) y <i>P. montezumae</i> ( <i>P.m.</i> ) a los tres años de establecimiento, en el paraje “El Tejamanil” de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán. ....	43
Figura 7. Porcentaje de la supervivencia durante los tres años de plantación con <i>P. pseudostrobus</i> y <i>P. montezumae</i> , establecidas en cinco diferentes fechas de plantación, en el paraje “El Tejamanil” de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán. ....	46
Figura 8. Porcentaje de la supervivencia del primer año de plantación con <i>P. pseudostrobus</i> y <i>P. montezumae</i> , establecidas en cinco diferentes fechas de plantación, en el paraje “Huiramo” de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán. ....	46
Figura 9. Ubicación geográfica de la plantación forestal de <i>Pinus pseudostrobus</i> y <i>Pinus montezumae</i> , en el paraje “El Tejamanil” y “Huiramo” de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro.....	57
Figura 10. Metodología usada para la toma de datos de las unidades de crecimiento del experimento, fechas de plantación con <i>P. pseudostrobus</i> y <i>P. montezumae</i> , en el paraje “El Tejamanil” de la CINSP, Mich. ....	59

## RESUMEN

El presente estudio tuvo como finalidad evaluar la supervivencia, desarrollo y el patrón de crecimiento de *Pinus pseudostrobus* Lindl. y *Pinus montezumae* Lamb., establecidas en 5 diferentes fechas de plantación, en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro. Se plantó un lote experimental para determinar el efecto de la fecha de plantación en la supervivencia, crecimiento en altura, diámetro a la base del cuello de la raíz, longitud total por estación de crecimiento y unidades de crecimiento por interverticilo de cada fecha. La preparación de terrenos se realizó en 2013 y 2015 previamente al establecimiento de las plantaciones con sus respectivos tratamientos. Las plantas utilizadas de *P. pseudostrobus* fueron producidas en bolsa de polietileno 5 x 20 cm, de 393 ml y para *P. montezumae*, se utilizaron plantas producidas en charolas de poliestireno expandido de 77 cavidades y 170 ml. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones. En 2015 se establecieron las 40 parcelas correspondientes a la réplica del año 2. Durante el primer y segundo año se evaluó supervivencia, diámetro a la base del cuello de la raíz, altura, vigor y estado fitosanitario, se obtuvieron valores significativos ( $P < 0.05$ ) en altura y diámetro a la base de la raíz en ambas especies. Se determinó el nivel de variación del patrón de crecimiento anual del brote terminal en ambas especies y la relación entre las unidades de crecimiento y el crecimiento total del brote en el año 1, 2 y 3 (2014, 2015 y 2016) obteniendo niveles significativos ( $P < 0.05$ ) en ambas especies. Con los datos obtenidos se determinó que las fechas 1, 2 y 3 ( $\text{Sig.} \leq 0.05$ ) son las adecuadas para el establecimiento de plantaciones forestales con *Pinus pseudostrobus* y *P. montezumae* en terrenos de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, ya que del 1 al 30 de julio, en cada año evaluado, estas fechas fueron las que consecuentemente destacaron en el porcentaje de supervivencia y en el crecimiento en altura, DCR y mayor elongación del brote terminal.

Palabras clave: Supervivencia, fechas de plantación y patrón de crecimiento

## ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the survival, development and growth pattern of *Pinus pseudostrobus* Lindl. and *Pinus montezumae* Lamb., Established in 5 different planting dates, in the Indigenous Community of Nuevo San Juan Parangaricutiro. An experimental batch was planted to determine the effect of planting date on survival, growth in height, diameter at the base of the root neck, total length per growing season and growth units per intervertice of each date. The preparation of land was carried out in 2013 and 2015 prior to the establishment of plantations with their respective treatments. The plants used for *P. pseudostrobus* were produced in a 5 x 20 cm polyethylene bag of 393 ml, in *P. montezumae*, plants produced in 77-well and 170-ml expanded polystyrene trays were used. A randomized complete block experimental design with four replicates was used. In the first and second year, survival, diameter at the base of the root neck, height, vigor and phytosanitary status were evaluated, obtained significant values ( $P < 0.05$ ) in height and diameter at the base of the root in both species. The level of variation of the annual growth pattern of the terminal outbreak in both species and the relation between the growth units and the total outbreak growth in years 1, 2 and 3 (2014, 2015 and 2016) were determined obtaining significant levels ( $P < 0.05$ ) in both species. With the data obtained it was determined that dates 1, 2 and 3 ( $\text{Sig.} \leq 0.05$ ) are adequate for the establishment of forest plantations with *Pinus pseudostrobus* and *P. montezumae* on lands of the Indigenous Community of Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, since 1 to 30 July, in each year evaluated, these dates were those that consequently stood out in the percentage of survival and in the growth in height, DCR and greater elongation of the terminal outbreak.

Key words: Survival, planting dates and growth pattern



# CAPÍTULO I

## I. INTRODUCCIÓN GENERAL

A nivel mundial en países como Alemania, Canadá, Colombia, España, China, Japón, India, Brasil y México, los géneros más utilizados en plantaciones forestales comerciales son *Cupressus* (36%), *Pinus* (35%) y *Tectona* (14%), que representan el 85% de las plantaciones del mundo y el 15% restante se encuentran representadas por otras Pináceas, y especies del género *Acacia*, *Gmelina*, *Eucalyptus* y otras latifoliadas (Ariza *et al.*, 2008; Navarro y Palacios, 2004; FAO, 2004 y Royo *et al.*, 2000). El éxito de las plantaciones depende principalmente de tres aspectos generales que son: factores climáticos, edáficos y del manejo y producción de planta; pero no se ha destacado que factores adversos son los que aumentan principalmente el porcentaje de mortandad en las primeras etapas en el establecimiento de las plantaciones forestales con fines comerciales (Vázquez 2001; Muñoz *et al.*, 2011 y Rodríguez, 2013).

El éxito o fracaso de las plantaciones en México está ligado fuertemente a las condiciones climáticas (Muñoz *et al.*, 2011 y Sáenz *et al.*, 2011 ) y a otros factores adversos en los que destacan: calidad deficiente de la planta, fallas en el proceso de plantación, elección inadecuada de la fecha de plantación, falta de protección, selección inapropiada de especies, incidencia de plagas y enfermedades, pastoreo, incendios y por la competencia de especies herbáceas según SEMARNAT, 2013; CONAFOR, 2014; UACH, 2007 y 2010; UANL, 2009; Cortina *et al.*, 2006; Ariza *et al.*, 2008 y Royo *et al.*, 2000).

El estado de Michoacán tiene una extensión de 59,864 km<sup>2</sup>, equivalente al 3% del territorial nacional; del cual 2.2 millones de ha<sup>-1</sup> corresponden a bosques de clima templado-frío y selvas tropicales medianas y bajas donde se estima que en los últimos 20 años se han perdido más de 700 mil ha<sup>-1</sup> (COFOM, 2003).

Durante el período 1993-2009 se produjeron 33.4 millones de plantas y se reforestaron 18,973 ha<sup>-1</sup> (SEMARNAT, 2011a y b), desafortunadamente, las tasas de mortalidad durante el período de 2004 a 2009 fue del 55.6 % (SEMARNAT, 2011a). Las causas principales de mortalidad de la planta en campo han sido: fechas de plantación inadecuadas (36%), sequías (18%) y calidad deficiente de la planta (13%); el resto se debe a factores adversos (33%) (UACH, 2007; UANL, 2009; UACH, 2010), la fecha de plantación ha sido considerado uno de los factores de mayor importancia en la supervivencia al final del primer año (Royo *et al.*, 2000; Navarro y Palacios, 2004).

La Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Mich. cuenta con una superficie de 18,138 ha<sup>-1</sup> de las cuales 10,870 ha<sup>-1</sup> son arboladas y el resto para otros usos, por lo tanto existe buen potencial para plantaciones forestales con especies del género *Pinus* principalmente y otros géneros a menor escala (Aguilar, 2008). En la actualidad, *Pinus pseudostrobus* Lindl. y *Pinus montezumae* Lamb. son las especies de mayor importancia en la industria forestal de esta región (Aguilar, 2008); sin embargo, siguen existiendo deficiencias al momento de establecer plantaciones con dichas especies. Por lo tanto, se considera importante realizar estudios que proporcionen información confiable para establecer un periodo adecuado, con el fin de atenuar la mortandad después de su establecimiento.

## **1.1. Factores que influyen en el desempeño de las repoblaciones**

### **1.1.2. Condiciones meteorológicas**

Las condiciones meteorológicas ideales para el establecimiento de una plantación son, en primer lugar, la existencia de precipitaciones que aseguren un arraigo inicial de la planta, una época invernal poco extremosa, que dé lugar a un periodo vegetativo suficientemente largo previo a la época de sequías y,

finalmente una época de sequías corta para que la planta no sufra estrés antes de la llegada del próximo periodo de lluvias (Navarro *et al.*, 2006).

#### 1.1.3. Condiciones edáficas

Entre las características edáficas más importantes a tomar en cuenta antes de realizar una reforestación, se encuentran (Bonfils, 1978): Profundidad del suelo, Disponibilidad de humedad aprovechable, Contenido de nutrimentos, pH, Textura, y Condición de la superficie (horizonte A).

#### 1.1.4. Procedimientos de preparación del terreno

Del análisis de los trabajos estudiados, que incluyen entre sus tratamientos preparaciones manuales y mecanizadas, se observó que los valores mayores de supervivencia se obtienen con las labores más intensas de preparación del suelo (Querejeta *et al.*, 2001; Alloza, 2003; Barberá *et al.*, 2005).

#### 1.1.5. Calidad de planta

La calidad de la planta considera la morfología (forma y estructura) y la fisiología (funciones y procesos vitales) de la planta (Haase, 2007; South, 2000); por ello, para que exista control en la selección de planta a utilizar en reforestaciones, es importante que viveristas y plantadores evalúen dichas características antes del plantado (Prieto *et al.*, 2003).

#### 1.1.6. Fecha de plantación

La fecha de plantación ha sido considerado uno de los factores de mayor importancia en la supervivencia al final del primer año (Royo *et al.*, 2000; Navarro y Palacios, 2004). En trabajos realizados en España con especies mediterráneas se ha encontrado que las plantaciones realizadas durante noviembre y enero,

parecen asegurar el éxito de la repoblación, pero un retraso excesivo en la fecha de plantación, compromete la supervivencia final, independientemente de la calidad del resto de las labores (Navarro y Palacios, 2004).

La plantación de *P. pseudostrobus* y *P. montezumae* según Sáenz *et al.* (2011), debe ser realizada cuando las condiciones ambientales sean apropiadas para el establecimiento y desarrollo subsecuente de las plántulas; en Michoacán la época de lluvias inicia en el mes de junio, por lo que la plantación debe ser establecida preferentemente a partir de la segunda mitad de este mes hasta fines de julio y conforme se eleve la calidad de la planta, la fecha de plantación puede extenderse por un periodo más amplio, que también dependerá de la evolución de las condiciones climáticas.

#### 1.1.7. Establecimiento de la plantación

Una de las principales consideraciones al establecer una reforestación, es el método de preparación del terreno ya que tiene influencia en la supervivencia de las plantaciones, debido a que propicia mejor infiltración de agua en el sistema radicular (Querejeta *et al.*, 2001), sin embargo, Navarro y Palacios (2004) mencionan que la preparación del terreno por sí misma es incapaz de corregir los errores derivados de una fecha de plantación tardía.

#### 1.1.8. Control de la vegetación herbácea

Las plantaciones forestales en terrenos agrícolas se caracterizan por la presencia de un importante banco de semillas en el suelo, lo que unido a su distribución espacial y la periodicidad de las labores, favorece la colonización de vegetación herbácea. La competencia ejercida por esta vegetación suele ser la primera causa de pérdida de planta en terrenos agrícolas, el gasto excesivo en reposición y el deficiente desarrollo vegetativo de las que sobreviven (Navarro y Saavedra, 1997; Navarro *et al.*, 2005).

## **1.2. Patrón de crecimiento en especies forestales**

El patrón de crecimiento en altura es el conjunto de características que definen el incremento en longitud del brote terminal, durante una o más estaciones de crecimiento, en los individuos de cualquier población o especie vegetal (Rodríguez, 1999).

Las principales características del patrón de crecimiento incluyen el inicio, el termino, la duración y la velocidad de alargamiento, es decir el número y longitud de ciclos; el número (resultante de la división celular) y longitud (dado por la elongación celular) de sus unidades de crecimiento, número y longitud de ramas formadas en cada ciclo durante la estación de crecimiento (Bridgwater, 1990; Rodríguez, 1999; Codesido & Fernández, 2004).

Rodríguez (1999), señala que existen tres patrones principales de crecimiento en altura para especies forestales y un cuarto tipo que generalmente se da en condiciones anormales, son los siguientes:

### **1.2.1. Crecimiento libre**

Se presenta en la fase inicial de vida de cualquier planta, en este tipo de crecimiento la plántula forma y elonga todas sus células para formar condiciones ambientales locales. Es por tanto un crecimiento indeterminado cuya inhibición es consecuencia del ambiente y poca importancia tiene el genotipo de la planta, aunque en diferentes especies y/o poblaciones de una misma especie, puede existir variación genética en cuanto a la respuesta del meristemo apical a un factor ambiental en particular.

### 1.2.2. Crecimiento fijo

Resulta de la elongación de las unidades de crecimiento que han sido formadas previamente en una yema, esta yema frecuentemente se forma al final de la estación de crecimiento, lo cual constituye una estrategia de adaptación para hacer frente a bajas temperaturas presentes en invierno. Por lo tanto, este patrón de crecimiento se presenta en especies perennes de zonas templadas con invierno riguroso.

### 1.2.3. Crecimiento fijo-libre

Es una combinación de los tipos de crecimientos anteriores, donde la forma de crecimiento libre siempre es posterior al crecimiento fijo. Consiste en la separación de la elongación anual del brote en dos etapas durante la estación de crecimiento, una deriva de las células preformadas en la yema que estuvo en latencia durante el invierno y la otra de nuevas células, formadas en una yema inconspicua o no, posterior a la yema invernal, es común en especies forestales tropicales y subtropicales, como algunos pinos mexicanos y centroamericanos, en los que cada año se elonga varios ciclos sucesivos, formando yemas no invernales.

### 1.2.4. Crecimiento fijo-fijo

Este tipo de crecimiento es menos frecuente y ocurre generalmente en condiciones de estrés, consiste en la elongación tardía de una yema terminal formada durante la misma estación de crecimiento, la cual interrumpió su reposo invernal debido a alguna alteración en la fisiología de la planta, causada a su vez por condiciones ambientales anormales. Los ciclos normales se pueden diferenciar de los elongados, bajo crecimiento fijo-fijo, durante la misma estación en que se formaron, por la zona de catafilos estériles en la base de los mismos, ausente en la segunda parte de los ciclos que quedan interrumpidos.

### **1.3. Características de los brotes en el género *Pinus***

En el género *Pinus*, los brotes largos adultos poseen entrenudos más o menos grandes y carecen de follaje. Los brotes largos juveniles (plantas jóvenes) poseen “hojas primarias” solitarias, las cuales son sustituidas posteriormente por catáfilos “brácteas” (Martínez, 1992; Gómez, 1998 y Rodríguez, 1999).

La formación de entrenudos está dada por una porción de tallo o brote comprendida entre dos nudos sucesivos, en tanto que un nudo es la parte del tallo donde están conectados uno o más apéndices laterales (Kramer y Kozlowski, 1979; Rodríguez, 1999). Por el contrario los brotes cortos se conocen como fascículos y se encuentran en las axilas de catáfilos de los brotes largos, estos brotes son los portadores de conos (masculinos y femeninos); presentan yema terminal y otras subterminales. Los brotes cortos se producen a partir de yemas laterales, a lo largo del eje central de las yemas que producen los brotes largos (Rodríguez, 1999).

Un brote consiste de un eje central formado por tres zonas sucesivas provistas de catáfilos: Zona próximal, cubierta por catáfilos estériles; zonas con brotes cortos (fascículos) en las axilas de los catáfilos, esta zona es comúnmente la de mayor extensión, y la zona distal, portadora de catáfilos estériles (Rodríguez, 1999). Debido a que las coníferas presentan un crecimiento monopodial, se forman secciones anules, denominadas brotes anuales o terminales, que pueden incluir a su vez, varios segmentos formados en el mismo año, y distinguirse claramente entre sí (Zavala, 1987).

#### **1.3.1. Brotes de primavera y verano**

Los brotes producidos por crecimiento fijo se conocen como brotes de primavera, debido a que en esta época se realiza la extensión; generalmente ocurre en pinos de zonas templadas o frías (Gómez, 1998 y Rodríguez, 1999).

De la extensión del brote de primavera puede seguir la formación de yemas de primavera con lo cual se inician los brotes de verano, los cuales son el resultado del crecimiento libre de dichas yemas. De esta manera se producen los dos tipos de brote en un ciclo anual de crecimiento (Kramer y Kozlowski, 1979; Rodríguez, 1999).

### 1.3.2. Ciclos de brote anual

Se componen de porciones individuales y continuas del tallo que se desarrollan durante una misma estación de crecimiento. Adicionando que se pueden elongar uno (especies monocíclicas) o varios ciclos de crecimiento (especies policíclicas) durante el año, lo cual ocurre según diferentes patrones de crecimiento (Critchfield, 1985; Rodríguez, 1999).

### 1.3.3. Unidades de crecimiento del brote anual

Rodríguez, (1999) define a las unidades de crecimiento como cada una de las porciones del brote que soportan un catáfilo y a su estructura axilar, si la hay, así mismo, cada unidad de crecimiento está constituida por fascículos de acículas, brácteas y yemas.

Las unidades de crecimiento se forman en el meristemo apical del brote terminal y están constituidas por una porción de tallo conocida como internodo y un conjunto de apéndices vegetativos, los cuales constituyen al nodo (Gómez, 1998). Estas unidades siguen un acomodo en espiral a lo largo del brote, por lo que su medición en longitud y número, puede llevarse a cabo en la misma dirección de su formación (Gómez, 1998; Rodríguez, 1999 y Cambrón *et al.*, 2013).



#### 1.3.4. Importancia de las unidades de crecimiento.

La importancia de las unidades de crecimiento se debe a la variación en la longitud total de los ciclos de crecimiento en el brote terminal de los pinos depende más de la diferencia en el número de unidades (Cambrón *et al.*, 2013). Las diferencias en el número de ciclos y unidades de crecimiento pueden ser la principal causa en el alargamiento total de los brotes terminales, aunque suele ser variante entre la misma especie. Según Rodríguez (1999) y Hernández *et al* (2006), las características microambientales con exposición a pendientes, también puede producir variaciones en el crecimiento de los brotes de especies monocíclicas.

#### 1.4. Descripción de las especies

*Pinus pseudostrobus* Lindl., tiene amplia distribución en México, mayormente en el Eje Neovolcánico Transversal, aunque se extiende hasta Guatemala, Honduras y El Salvador (Sígala *et al.*, 2015; López, 2002). Crece en climas templados y templado-cálidos en altitudes de los 1600 a 3250 m, con mejor calidad de estación a los 2500 msnm, en suelos volcánicos profundos (Rueda *et al.*, 2013).

Según Sáenz *et al.* (2011) esta especie es de las que presenta mayor variación geográfica en la República Mexicana y parte de Centroamérica; se cree posible la cruza con las especies del grupo Montezumae.

Presenta alturas que van desde 25 a 40 m, diámetro normal (1.30 m) de 40 a 80 cm, generalmente de fuste recto, con buena poda natural, moderadamente exigente a la luz (Rueda *et al.*, 2013) (Figura 1). La corteza es lisa durante mucho tiempo y en la vejez es áspera y agrietada. Las hojas se encuentran en grupos de 5, de 17 a 24 cm de longitud, muy delgadas, triangulares y flexibles, de color verde intenso.

Las vainas son persistentes, anilladas de 12 a 15 mm (a veces hasta 20), de color castaño oscuro; yemas oblongas cónicas de color anaranjado, conillos oblongos largamente pedunculados, oscuros, con gruesas escamas provistas de puntas romas.

Los conos son ovoides de 8 a 10 cm, color café claro o amarillento, sobre pedúnculo de 10-15 mm de longitud, las escamas son delgadas pero duras, desiguales, con ápice anguloso y umbo irregular. La semilla es vagamente triangular, de color oscuro, de unos 6 mm y ala de 23 mm de largo por 6 a 9 mm de ancho (Sáenz *et al.*, 2011; Estrada *et al.*, 2014).

*P. montezumae* se distribuye de forma disyunta en el centro de México donde se encuentran sus mayores poblaciones, a lo largo del Eje Neovolcánico Transversal extendiéndose hasta Guatemala y Honduras (Estrada *et al.*, 2014).

En ocasiones se confunde con *P. pseudostrobus*, que habita en condiciones ecológicas similares y comparten casi los mismos ecosistemas. Las características distintivas son en base en sus conos (Estrada *et al.*, 2014) (Figura 1).

Los conos de *P. montezumae* son delgados y oblongos, dos o más veces más largos que anchos, asimétricos en la base, oblicuos, con las apófisis ligeramente levantadas, mientras que los de *P. pseudostrobus* son más anchos, 1.5 veces más largos que anchos o en ocasiones, casi tan largos como anchos, con las apófisis ligera o fuertemente levantadas, en especial, de un lado del cono, es considerada como una especie de crecimiento cespitoso en sus primeras etapas de vida y es resistente a bajas temperaturas (Estrada *et al.*, 2014).

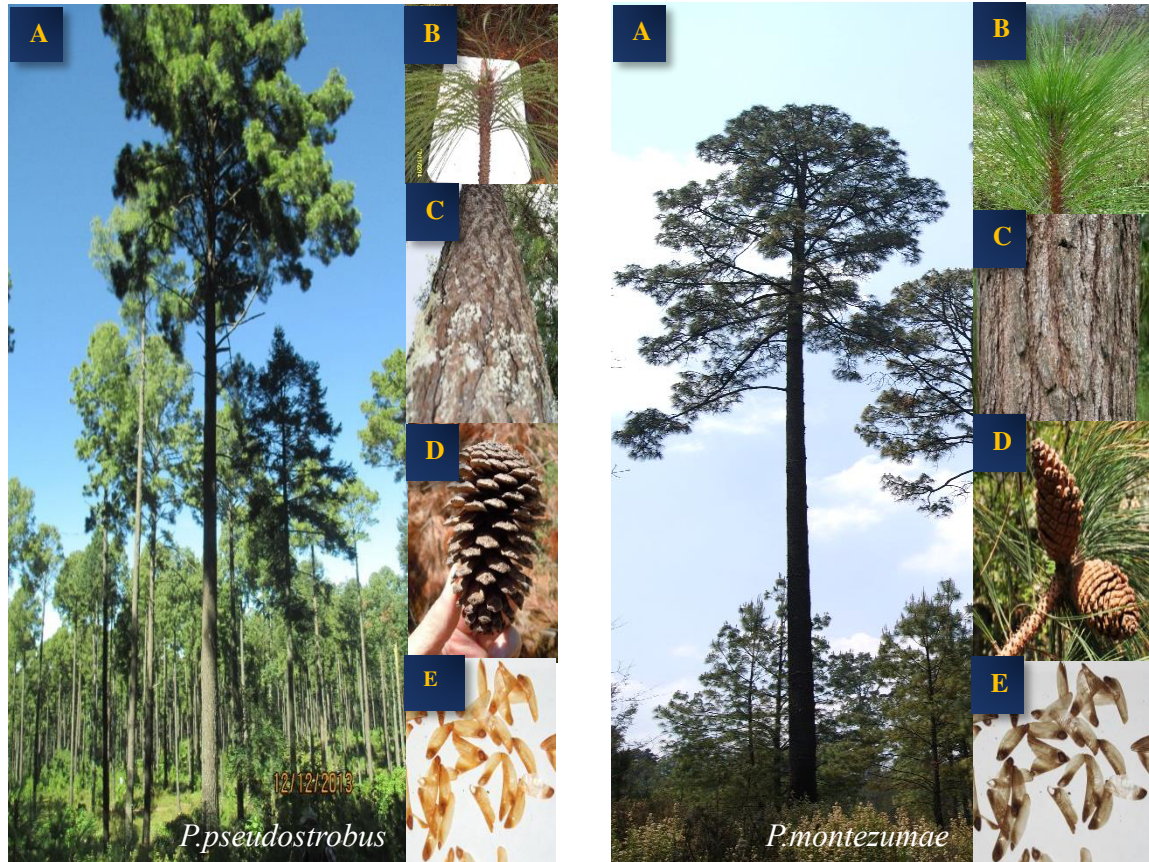


Figura 1. Características botánicas de *Pinus pseudostrobus* y *Pinus montezumae*: A) Árbol, B) Hojas, C) Corteza, D) Conos y E) Semillas; Foto: H. Jesús Muñoz Flores (Derecha) y Rubén Barrera Ramírez (Izquierda).

### 1.5. Hipótesis

Ha 1: Existen diferencias significativas en la supervivencia de las cinco fechas de plantación.

Ha 2: En el crecimiento total del brote terminal, respecto a la fecha de plantación existen diferencias significativas en la elongación dada entre fechas de plantación.

## 1.6. Objetivo general y orientación de la investigación

Evaluar la supervivencia, desarrollo y el patrón de crecimiento de *Pinus pseudostrobus* Lindl. y *Pinus montezumae* Lamb., establecidas en 5 diferentes fechas de plantación, en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro.

La naturaleza de este estudio fue contribuir a la generación de información en relación a las fechas adecuadas de plantación de dos especies de interés comercial para la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Mich.; a través de resultados con validez estadística, que puedan tener una aplicación práctica para la toma de decisiones en los programas de plantaciones forestales comerciales futuros.

### 1.6.1. Objetivos particulares

1. Determinar la fecha adecuada de plantación para *P. pseudostrobus* y *P. montezumae* en base al crecimiento y desarrollo que presentan.
2. Evaluar la relación de la supervivencia con la fecha de plantación.
3. Analizar la variación del patrón de crecimiento que presenta cada fecha de plantación y determinar su influencia en este.

## 1.7. Bibliografía

- Aguilar, S. D. 2008. Programa de manejo forestal persistente para el aprovechamiento de los recursos forestales maderables para el predio denominado Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Mich. Nuevo Parangaricutiro, Mich. 271 p.
- Alloza, J. A. 2003. Análisis de repoblaciones forestales en la Comunidad Valenciana. Desarrollo de criterios y procedimientos de evaluación. Tesis Doctoral Univ. Politécnica de Valencia. Valencia. 301 p.
- Ariza, M. D., Navarro, C. R., Del Campo. G. A. D., Ibáñez, Ll. A. J y Jorin, N. J. V. 2008. Influencia de la fecha de plantación al establecimiento de *Pinus halepensis* Mill. Aplicación de la proteómica estudios de Ecofisiología en campo. Córdoba, España. Soc. Esp. Cien. For. pp. 111-117.
- Barberá, G. G., Martínez. F. F., Álvarez, R. J. Albaladejo, J. & Castillo, V. 2005. Short and intermediate-term effects of site and plant preparation techniques on reforestation of a Mediterranean semiarid ecosystem with *Pinus halepensis* Mill. New Forests, 29: 177-198.
- Bonfils, P. 1978. Le classement des sols en vue de la reforestation en zone Méditerranéenne. Biologie et Forêt. 4: 271-282.
- Bridgwater, F. E., Williams, C.G. and Campbell, R.G. 1985. Pattern of leader elongation in loblolly pine families. For. Sci. 31: 933-944.
- Cambrón, S. V. M., Sánchez V., C. Sáenz R., J. J. Vargas H., M. L. España B. & Herrerías D. 2013. Genetic parameters for seedling growth in *Pinus pseudostrobus* families under different competitive environments. New Forest 44(2): 219-232.

- Codesido, V. & Fernández-López, J. 2004. Shoot phenology studies to determine growth cycles in two *Pinus radiata* D. Don Progeny tests in northern Spain. *Silviculture and the Conservation of Genetic Resources for Sustainable Forest Management*, 88 p.
- Comisión Forestal del estado de Michoacán (COFOM). 2003. Programa Estatal de Reforestación. 2002. Bosques y selvas de Michoacán. Año 1. Vol. 1. No 1. Morelia. Michoacán. 17 p.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) 2014. Disponible en: <http://bosques.org.mx/noticias1626>. (Febrero de 2016).
- Cortina, J., Peñuelas. J.L., Puértolas. J. Savé. R., Vilagrosa. A. 2006. Calidad de planta forestal para restauración en ambientes mediterráneos. Madrid, España. 193 p.
- Critchfield, W. B. 1985. Internode or stem unit: a problem of terminology. *Forest. Sci.* 31(4): 911-912.
- Estrada, C. A. E., Villareal, Q. J. A., Salinas, R. M. M., Encina, D. J. A., Cantú, A. C. M., González, R. H. & Jiménez, P. J. 2014. Coníferas de Nuevo León, México, libro técnico, primera edición, Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales. ISBN: 978-607-27-0348-3. pp. 108-124.
- Gómez, C. M., Vargas H. J.J., Jasso. M. J., Velázquez. M. A. y Rodríguez. F. C. 1998. Patrón de crecimiento anual del brote terminal en árboles jóvenes de *Pinus patula*. *Agrociencia*, 32(4): 357-363.

- Haase, D. L. 2007. Morphological and physiological evaluations of seedling quality. *In*: Riley, L. E.; R. K. Dumroese, and T. D. Landis (Tech. Cords.). National proceedings: Forest and Conservation Nursery Associations-2006. Proc. RMRSP-50. Fort Collins, Co. USDA, Forest Service. USA. pp. 3-8.
- Hernández, J. J. V., Rodríguez, R. A., Mendoza, J. V., & Upton, J. L. 2006. Efecto de la procedencia geográfica y de la fertilización en la fenología del brote terminal en plántulas de "*Pseudotsuga* sp". *Agrociencia*, 40(1): 125-137.
- Kramer, P. J., & Kozlowski, T. T. 1979. Physiology of woody plants, Acad. Press, New York. 469 p.
- López-Upton, J. 2002. *Pinus pseudostrobus* Lindl. *In*: Vozzo, J. A. (ed). Tropical Tree. Seed Manual. United States Department of Agriculture. Forest Service. USA. pp: 636-637.
- Martínez, M. 1992. Los pinos mexicanos. 3ra. Editorial Botas. México.
- Muñoz, F. H. J., Gutiérrez, G. O., Avalos, V. M. C., Sánchez, J. J. G., Vega, Y. Y. M., & Cruz, G. S. 2011. Evaluación de *Pinus pseudostrobus* Lindl., y *Pinus greggii* Engelm., con dos densidades de plantación en Michoacán, México. *Foresta Veracruzana*, 13(1): 29-35.
- Navarro, R. M., Frageiro B., Ceaceros, C., Del Campo, A. y Del Prado, R. 2005. Establishment of *Quercus ilex* L. subsp. *ballota* Desf. Samp. Using different weed control strategies in Spain. *Ecological Engineering* 25: 332-342.
- Navarro, R. M. y Saavedra, M. 1997. El laboreo de conservación en la forestación de tierras agrarias. *En*: García Torres, L. y González Fernández, P. (Eds.). Agricultura de Conservación. Fundamentos agronómicos, medioambientales y económicos. Proyecto Life. AELC/SV. pp. 327-346.

- Navarro, R. M., y Palacios G. 2004. Efecto de la calidad de planta, el procedimiento de preparación y la fecha de plantación en la supervivencia de una repoblación de *Pinus pinea* L. Cuad. Soc. Esp. Cien. For. 17: 199-204.
- Navarro, R. M., Del Campo, A. D., y Cortina, J. 2006. Factores que afectan al éxito de una repoblación y su relación con la calidad de la planta. En: Cortina, J., J.L. Peñuelas, J. Puértolas, A. Vilagrosa, y R. Savé (Coord.). Ministerio de Medio Ambiente. Madrid, España. pp. 31-46.
- Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación (FAO) 2004. Informe Nacional- México. (Versión 04) (Internet). Disponible: [http://www.fao.org/documents/show\\_cdr.asp?url\\_file=/docrep/006/i221515s04htm](http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/docrep/006/i221515s04htm). Consultada: (Febrero de 2016).
- Prieto, R. J. A., G. Vera, C. y E. Merlín, B. 2003. Factores que influyen en la calidad de brinzales y criterios para su evaluación en vivero. Folleto Técnico Núm. 12. Campo Experimental Valle del Guadiana. INIFAP. Durango, Dgo. México. 24 p.
- Querejeta, J., Roldán, A., Albaladejo, J. y Castillo, V. 2001. Soil water availability improved by site preparation in a *Pinus halepensis* afforestation under semiarid climate. Forest Ecology and Management 149: 115-128.
- Rodríguez, L. R. 1999. Variación en el patrón de crecimiento en el brote terminal de procedencias de *Pinus engelmannii* Carr. Tesis posgrado, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 97 p.
- Rodríguez, M. C. 2013. Tesis de maestría: Efecto de la fecha de siembra y tamaño de contenedor en el crecimiento de dos especies de pino en vivero. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 66 p.



- Royo, A., Gil, L., Pardos, J. A., 2000. Efecto de la fecha de plantación sobre la supervivencia y el crecimiento del pino carrasco. Cuad. Soc. Esp. Cien. For. 10: 57-62.
- Rueda, S. A. Ramírez, O. G., Ruiz, C. J. A., Moreno, S. F., González, H. A., Martínez, B. O. U., Sáenz, R. J. T., Muñoz. F. H. J., Molina, C. A., & Jiménez, E. V. M. 2013. Requerimientos agroecológicos de especies forestales. Libro técnico Núm. 4. INIFAP, Campo Experimental, Centros Altos de Jalisco. Tepatitlán de Morelos, Jalisco, Méx. ISBN: 978-607-37-0157-0. pp. 87-95.
- Sáenz, R. J. T., Muñoz F. H. J. y Rueda S. A. 2011. Especies Promisorias de Clima Templado para Plantaciones Forestales Comerciales en Michoacán. Libro Técnico Núm. 10. SAGARPA-INIFAP-CIRPAC. Campo Experimental Uruapan. Uruapan, Michoacán, México. 213 p.
- SEMARNAT. 2011a. Producción de plantas para reforestación (1993-2009). Consultado en: [http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/estadísticas/compendio2010/archivos/01\\_rforestales/d3\\_Rforest09\\_05.pdf](http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/estadísticas/compendio2010/archivos/01_rforestales/d3_Rforest09_05.pdf). (Febrero de 2016).
- SEMARNAT. 2011b. Superficie reforestada (1993-2009). Consultado en: [http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/estadísticas/compendio2010/archivos/01\\_rfOrestales/d3\\_Rforest09\\_06.pdf](http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/estadísticas/compendio2010/archivos/01_rfOrestales/d3_Rforest09_06.pdf). (Febrero de 2016).
- SEMARNAT. 2013. Producción de plantas para reforestación (1993-2009). Consultado en: [ttp://aplicaciones.semarnat.gob.mx/estadísticas/compendio2010/archivos/01\\_rforestales/d3\\_Rforest09\\_05.pdf](http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/estadísticas/compendio2010/archivos/01_rforestales/d3_Rforest09_05.pdf). (Marzo de 2016).
- Sígala, R. J. Á., González, T. M. A., & Prieto, R. J. Á. 2015. Supervivencia en plantaciones de *Pinus pseudostrobus* Lindl. en función del sistema de producción y preacondicionamiento en vivero. Rev. Mex. Cien. For. 6(30): 20-31.

South, D. B. 2000. Planting morphologically improved pine seedlings to increase survival and growth. Forestry and Wildlife Research Series N° 1. Alabama Agricultural Experiment Station. Auburn University, Alabama. 14 p.

Universidad Autónoma Chapingo. 2007. Gerencia de Servicios Profesionales. Evaluación externa de los apoyos de reforestación, obras y prácticas de conservación de suelos y sanidad forestal-Categoría Reforestación. Ejercicio Fiscal 2006. CONAFORSEMARNAT. In: [http://148.223.105.188:2222/gif.snif\\_portal/index.php?option=com\\_content&task=view&id=20 & Itemid=20](http://148.223.105.188:2222/gif.snif_portal/index.php?option=com_content&task=view&id=20&Itemid=20). (Febrero de 2015).

Universidad Autónoma de Nuevo León. 2009. Reforestación. Evaluación externa fiscal 2008. Informe Nacional. CONAFOR-SEMARNAT. In: [http://148.223.105.188:2222/gif.snif\\_portal/index.php?option=com\\_content&task=view&id=20&Itemid=20](http://148.223.105.188:2222/gif.snif_portal/index.php?option=com_content&task=view&id=20&Itemid=20). (Febrero de 2015).

Universidad Autónoma Chapingo. 2010. Informe de evaluación externa de los apoyos de reforestación. Ejercicio Fiscal 2009. CONAFOR- SEMARNAT. In: [http://148.223.105.188:2222/gif.snif\\_portal/index.php?option=com\\_content&task=view&id=20&Itemid=20](http://148.223.105.188:2222/gif.snif_portal/index.php?option=com_content&task=view&id=20&Itemid=20). (Febrero de 2016).

Vázquez, V. A. 2001. Silvicultura de plantaciones forestales en Colombia. Facultad de Ingeniería Forestal. Ibagué, Tolima. 304 p.

Zavala-Chávez, F. 1987. Estudio de la primera etapa del desarrollo de conos femeninos de *Pinus cembroides* Zucc. 14 p.

## CAPÍTULO II

### **2. Desarrollo y supervivencia de *Pinus pseudostrobus* Lindl. y *Pinus montezumae* Lamb., en 5 fechas diferentes de plantación.**

#### **2.1. Resumen**

La fecha de plantación ha sido considerado uno de los factores de mayor importancia en la supervivencia al final del primer año, en trabajos realizados con especies mediterráneas se ha encontrado que las plantaciones tardías comprometen la supervivencia final. El presente estudio tiene como finalidad evaluar la supervivencia y crecimiento de *Pinus pseudostrobus* y *Pinus montezumae*, establecidas en 5 diferentes fechas de plantación, en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro. Mich. La plantación se realizó en 2013 y se replicó en 2015 (año 1 y 2), las plantas utilizadas de *P. pseudostrobus* fueron producidas en bolsa de polietileno 5 x 20 cm, de 393 ml y en *P. montezumae*, se utilizaron plantas producidas en charolas de poliestireno expandido de 77 cavidades y 170 ml, cada una. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones. En 2015 se establecieron las 40 parcelas correspondientes al año 2. Durante el primer y segundo año se evaluó supervivencia, diámetro a la base del cuello de la raíz, altura, vigor y estado fitosanitario, se obtuvieron valores significativos ( $P < 0.05$ ) y diferencias de crecimiento en altura, diámetro a la base del cuello de la raíz y área de copa, siendo las fechas de plantación 1, 2 y 3 las que sobresalieron a diferencia de las demás fechas, sin embargo el análisis de varianza no evidencio diferencias significativas en la supervivencia de ambas especies.

Palabras clave: Fechas de plantación, *P. pseudostrobus* y *P. montezumae*, Diferencias de crecimiento.

### 2.1.1. Abstract

The planting date has been considered one of the most important factors in the survival at the end of the first year, in works carried out with Mediterranean species it has been found that late plantations compromise the final survival. The present study aims to evaluate the survival and growth of *Pinus pseudostrobus* and *Pinus montezumae*, established in 5 different planting dates, in the Indigenous Community of Nuevo San Juan Parangaricutiro. Mich. The planting was carried out in 2013 and replicated in 2015 (year 1 and 2), the plants used of *P. pseudostrobus* were produced in a polyethylene bag 5 x 20 cm, of 393 ml and *P. montezumae*, plants produced in Expanded polystyrene trays of 77 cavities and 170 ml. A randomized complete block experimental design with four replicates was used. In 2015 the 40 plots corresponding to year 2 were established. During the first and second year, survival, diameter at the base of the root neck, height, vigor and phytosanitary status were evaluated, significant values ( $P < 0.05$ ) and differences in growth in height, diameter at the base of the neck The root and crown area, being the dates of planting 1, 2 and 3 that stood out unlike the other dates, however the analysis of variance did not show significant differences in the survival of both species.

Key words: Planting dates, *P. pseudostrobus* & *P. montezumae*, Growth differences.

### 2.2. Introducción

El éxito o fracaso de una plantación forestal en sus primeros años de establecida, depende de un gran número de factores tanto climáticos como técnicos; los primeros difícilmente se pueden controlar por el hombre; en cambio, los factores técnicos pueden ser de alguna manera manipulados (Sígala *et al.*, 2015); la supervivencia de la plantación está condicionada por la calidad de la planta, el procedimiento de preparación y la fecha de plantación (Navarro y Palacios, 2004).

La fecha de plantación ha sido considerado uno de los factores de mayor importancia en la supervivencia al final del primer año (Royo *et al.*, 2000; Navarro y Palacios, 2004). En trabajos realizados con especies mediterráneas se ha encontrado que las plantaciones realizadas entre noviembre y enero, parecen asegurar el éxito de la repoblación, pero un retraso excesivo en la fecha de plantación, compromete la supervivencia final (Navarro y Palacios, 2004). Los resultados de estos autores coinciden con los obtenidos por Royo *et al.* (2000), quienes señalan que existen posibilidades de supervivencia >90 % para *Pinus halepensis* Mill., si se establece en fechas tempranas. Diversos trabajos han puesto de manifiesto la influencia de la fecha de plantación en el desarrollo postransplante, (Navarro *et al.*, 2004) haciendo hincapié en el menor desarrollo radical de las plantaciones tardías frente a otras más tempranas (Corchero *et al.*, 2002).

En México la tasa anual de mortandad de las plantaciones fue de 60% en 2007 (SEMARNAT, 2011), en 2009 fue de 55.6 % (UACH, 2007 y 2010; UANL, 2009); CONAFOR (2016), reporta que actualmente la mortandad anual es 43% y se debe a: fechas de plantación inadecuadas, calidad deficiente de la planta y factores climáticos adversos; existe un importante déficit en la investigación sobre el efecto combinado de los factores previamente indicados, por esta razón en este trabajo se presentan parcialmente los resultados obtenidos de la supervivencia y desarrollo de dos especies, *Pinus pseudostrobus* y *Pinus montezumae* establecidas en 5 fechas diferentes de plantación.

## **2.3. Materiales y Métodos**

### **2.3.1. Descripción general del área de estudio**

La plantación se estableció en el paraje “El Tejamanil” en el año 2013 y una réplica en 2015 en el paraje “Huiramo” de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro Mich., las áreas de estudio están situadas entre las

coordenadas 19° 24'16.7" N y 102° 14'12.7" W, a una altitud promedio de 2,650 msnm (Figura 2). El área de estudio limita al norte con Uruapan, al sur con Parácuaro y Gabriel Zamora y al oeste con Peribán y Tancítaro. Su distancia a la capital del Estado es de 135 km.

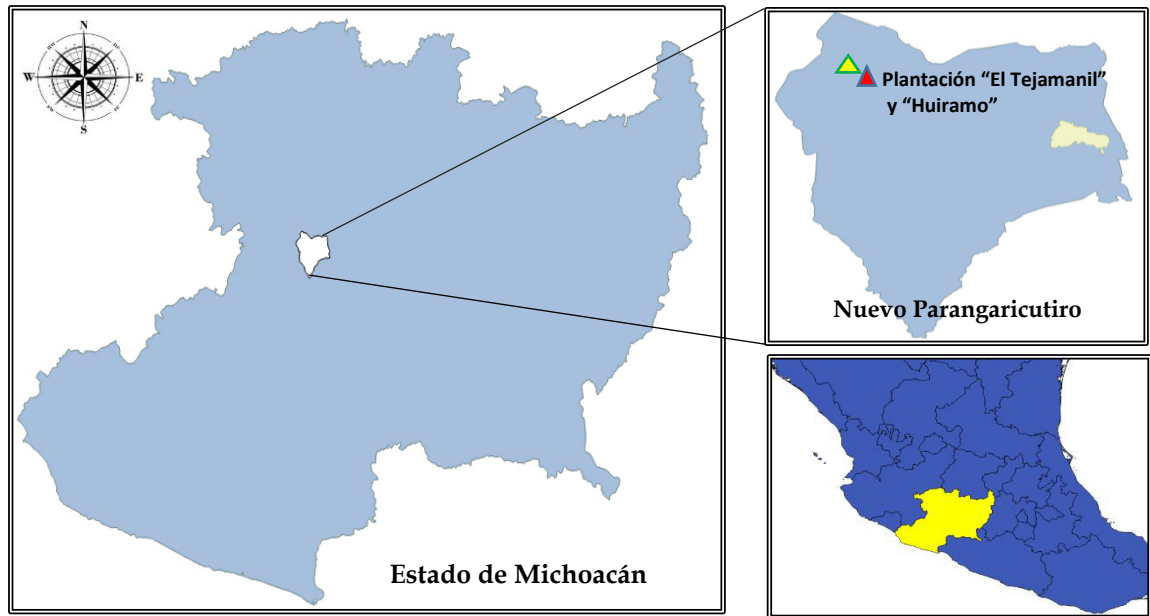


Figura 2. Ubicación geográfica de la plantación forestal de *Pinus pseudostrobus* y *Pinus montezumae*, en el paraje “El Tejamanil” y “Huiramo” de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro.

### 2.3.2. Ubicación hidrológica

El conjunto predial se encuentra localizado de la siguiente manera; RH: 18 Río Balsas, Cuenca: J Río Tepalcatepec, J Río Tepalcatepec, Subcuenca: G Río Cupatitzio, A Río Tepalcatepec Bajo y F Río Itzícuaró (Aguilar, 2008 e INAFED, 2016).

### 2.3.3. Ubicación fisiográfica

La plantación forma parte de la provincia Eje Neovolcánico. Subprovincia Neovolcánica Tarasca (Figura 2) (Aguilar, 2008).

#### 2.3.4. Características físicas

Clima: En base, a la clasificación climática de Köppen, modificado por Enriqueta García y presenta un clima templado húmedo C (m) (w) big, con abundantes lluvias en verano, lluvia invernal menor del 5%; temperatura media anual de 18°C y la del mes más frío entre 3 y 18° C (Aguilar, 2008; INAFED, 2016).

Suelos: Según la clasificación FAO/UNESCO, modificada por DETENAL, los suelos existentes son: Andosol húmico de textura media; Andosol ócrico textura gruesa; Regosol districo de textura gruesa con presencia de rocas; Regosol eútrico de textura gruesa y Feozem háplico de textura media (Aguilar, 2008 e INAFED, 2016).

Orografía y topografía: La cadena montañosa, que atraviesa el predio, es el eje Neovolcánico y tiene una topografía con pendientes que van desde el 5% hasta el 60%; lomeríos y laderas poco pronunciadas, con una exposición más frecuente noreste, estas presentan vegetación arbórea (Aguilar, 2008). La mayor altitud se presenta en los cerros de La Laguna (3,200 m), Cerro Prieto (3,100 m), Pario (2,910 m), San Nicolás (2,900 m) y Cutzato (2,810 m), el resto de las elevaciones presentan una altura inferior y la altitud promedio es de 2,550 msnm (Aguilar, 2008).

#### 2.3.5. Vegetación

La cobertura vegetal del bosque se encuentra integrada por los estratos, arbóreo, arbustivo y herbáceo, de los cuales se identificaron las siguientes especies:

Estrato arbóreo: Pino: *P. pseudostrobus* Lindl., *P. montezumae* Lamb., y *P. leiophylla* Sch. Et Cham. Encino: *Quercus candicans* Née., *Q. rugosa* Née., y *Q. laurina* H. et. B. y Otras Hojasas del género *Alnus* spp (Medina *et al.*, 2000; Aguilar, 2008).

Estrato arbustivo: *Bacharis heterophylla*, *B. conforata*, *B. serraefolia*, *Lupinus elegans*, *L. campanulatus*, *L. exaltatus*, *Oreopauax xalapensis*, *Senecio albonervius*, *S. angulifolium*, *S. platinifolius*, *S. salignus*, *S. stochaediformis*, *S. toluccanus* y *Tagetes filiofolia* (Medina et al., 2000; Aguilar, 2008).

Estrato herbáceo: lo constituye una diversidad de géneros, entre los que se encuentran los siguientes: *Adiantum* spp., *Aegopogon* spp., *Bromus* spp., *Desmodium* spp., *Garanium*, spp., *Mulhembergia macroura*, *Pteridium* spp., *Salvia* spp., *Solanum* spp. (Aguilar, 2008).

## 2.4. Material vegetal

Se utilizó planta de *P. pseudostrobus* y *P. montezumae* producida en el vivero forestal “El Durazno” ubicado en terrenos de la Comunidad de San Juan Nuevo, Michoacán, en las coordenadas 19°22'40.46" N y 102°14'27.08" W a 2870 msnm. Se trabajó con plántulas cultivadas en dos sistemas de producción (Cuadro 1). Esta planta se utilizó en ambos parajes “El Tejamanil y Huiramo”, en los respectivos años que se realizó cada plantación.

Cuadro 1. Sistemas de producción de plántulas de *Pinus pseudostrobus* y *P. montezumae*, en el vivero forestal “El Durazno” de la Comunidad Indígena de San Juan Nuevo, Michoacán.

Sistema de producción	*Siembra	Vol. Envase (ml)	*Edad (Años)	Muestra
Charola de poliestireno 70 cavidades	2012 y 2014	170 ml	1+0	1000
Charola de poliestireno 70 cavidades + bolsa de polietileno.	2011 y 2013	170 ml y 393 ml	1+1	1000

\* Siembra, el primer año corresponde a la planta utilizada en la plantación de 2013 y el segundo año, a la que se utilizó en 2015. \*Edad en años, el primer carácter indica siembra directa y el segundo trasplante.



## 2.5. Establecimiento de la plantación

### 2.5.1. Proceso metodológico

El trazo de la plantación se realizó con ayuda del personal de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro y el Campo Experimental Uruapan, INIFAP, Mich. La primera fecha de plantación se estableció el 1 de julio de 2013 y 2015 respectivamente, cada 15 días se plantó un lote experimental. El espaciamiento fue marco real a 2 x 2 m. Los tratamientos evaluados en este experimento se presentan a continuación en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Tratamientos evaluados en la plantación de *P. pseudostrobus* y *P. montezumae*, en el paraje "El Tejamanil" y "Huiramo" de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán.

Tratamiento	Fecha de plantación
1	1 Julio 2013
2	15 Julio 2013
3	30 Julio 2013
4	15 Agosto 2013
5	30 Agosto 2013

El lugar donde se realizó la plantación en ambos parajes, estaba destinado a la agricultura, por lo tanto, las condiciones del terreno eran óptimas para su uso; es por eso que la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro lo destinó para realizar actividades de investigación en plantaciones forestales, en coordinación con el INIFAP.

Las plantas utilizadas de *P. pseudostrobus* fueron producidas en bolsa de polietileno 5 x 20 cm, de 393 ml, con una altura y diámetro promedio a la base de la raíz inicial que oscilo entre 8.70 a 11.32 mm y de 29.17 a 42.45 cm de altura (Cuadro 3).

Cuadro 3. Datos promedio de diámetro a la base del cuello de la raíz y altura de *Pinus pseudostrobus* y *P. montezumae*, previo al establecimiento de cinco fechas de plantación en el paraje "El Tejamanil" y "Huiramo" en 2013 y 2015 respectivamente, en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán.

Paraje	Año de plantación	Especie	*Tratamientos	Diámetro promedio a la base del cuello (mm)	Altura promedio (cm)
"El Tejamanil "	2013	<i>P. pseudostrobus</i>	F 1	9.83	29.17
			F 2	8.70	42.45
			F 3	8.78	35.97
			F 4	11.32	32.08
			F 5	10.00	39.72
		<i>P. montezumae</i>	F 1	3.25	3.92
			F 2	4.47	3.42
			F 3	3.35	4.82
			F 4	3.37	4.90
			F 5	3.67	5.32
"Huiramo "	2015	<i>P. pseudostrobus</i>	F 1	8.70	44.88
			F 2	9.31	45.21
			F 3	10.47	46.21
			F 4	6.95	46.81
			F 5	6.54	39.87
		<i>P. montezumae</i>	F 1	7.96	6.88
			F 2	7.54	5.19
			F 3	5.84	7.69
			F 4	6.92	8.34
			F 5	6.87	8.46

\*Tratamientos: Fechas de plantación (F); F1: 01 de Julio, F2: 15 de julio, F3: 30 de Julio, F4: 15 de agosto y F5: 30 de agosto del año 2013 y 2015.

En *P. montezumae* se utilizaron plantas producidas en charolas de poliestireno expandido de 77 cavidades de 170 ml, de al menos 4 cm de altura y diámetros al cuello de la raíz de 4 mm (Cuadro 3).

#### 2.5.2. Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (Anexo 1), con cinco tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento. Cada unidad experimental está compuesta por 25 plantas, lo que hizo un total de 100 plantas por tratamiento, con una distancia entre plantas e hileras de 2 m, cabe señalar que se utilizó el mismo diseño en la réplica del 2015.

### 2.5.3. Actividades de mantenimiento en la plantación

Debido a que en el terreno existían plantas de *Lupinus* spp., se realizó un chapoleo, con la finalidad de que la plantación no tuviera alguna barrera que le impidiera obtener luz solar; el género *Lupinus* es considerado como plantas fijadoras de nitrógeno, lo cual resulta benéfico para la plantación (Soto *et al.*, 2015). También se reforzó la cerca de alambre de púas que delimita el área de estudio, para impedir el acceso de ganado que pudiera dañar la plantación.

## 2.6. Toma de datos de campo

Se elaboró un formato ex profeso para la toma de datos en campo (Anexo 2) de las variables: altura total de la planta (cm), diámetro a la base del cuello de la raíz (mm), supervivencia (vivo o muerto), diámetro de copa (cm) y estado fitosanitario. Se efectuaron cuatro mediciones, la primera al inicio de la plantación, posteriormente a los, 12, 24 y 36 meses.

### 2.6.1. Medición de la altura total

Los datos de altura fueron tomados en forma directa, para ello se midió cada individuo por tratamiento, tomando la base de la planta hasta la yema terminal cuidando siempre iniciar la medición del mismo lado y en la misma dirección e individuo (Anexo 1). Para tener un registro más claro de los datos obtenidos, el equipo utilizado para medir la altura total fue un estadal metálico plegable de 5 m, con precisión hasta de milímetro.

### 2.6.2. Medición del diámetro a la base del cuello de la raíz

A cada árbol se le midió directamente el diámetro de collar aproximadamente a 2 cm al ras del suelo. El equipo utilizado para esta medición fue un vernier digital con precisión de hasta décimas de mm.

### 2.6.3. Diámetro de copa

La medición de la copa se realizó de manera directa, con ayuda de un flexómetro para esto se tomaron dos lecturas en forma de cruz, la primera de norte-sur, la segunda de este-oeste.

### 2.6.4. Número de plantas vivas (Supervivencia)

Rodríguez (1999) señala que la supervivencia de las plantas viene determinada por la evolución de las condiciones climáticas después de la plantación y durante todo el establecimiento, por esta razón se evaluó la variable supervivencia durante todo el periodo de estudio (01 de julio de 2013 hasta el 01 de julio de 2016), en cada evaluación se realizó conteo directo de las plantas, considerando como plantas vivas en cada parcela a las que presentaban follaje turgente de coloración verde, y a las que no, como plantas muertas.

## 2.7. Captura y análisis estadístico de los datos

La base de datos se creó en el programa Excel 2013, agrupando los datos de crecimiento en altura, diámetro, área de copa, y supervivencia por cada fecha de plantación, bloque y especie.

### 2.7.1. Análisis estadístico de los datos

Para satisfacer el primer y segundo objetivos específicos del presente trabajo para cada variable se realizó un análisis de varianza (ANOVA). Los datos se agruparon por fecha y por especie, se obtuvieron los promedios de cada fecha después de haber sido medida la altura y diámetro del cuello a la base de la raíz, el porcentaje de supervivencia y el diámetro de copa.

Apoyado del programa estadístico IBMS-PSS Statistics 22. Se realizó el análisis de varianza con los límites de confianza del 95% y nivel de significancia F-tab. 0.05. Utilizando el siguiente modelo estadístico de bloques al azar con arreglo factorial.

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + C_k + (AB)_{ij} + (AC)_{ik} + (BC)_{jk} + (ABC)_{ijk} + (E)_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = valor observado en la variable respuesta del  $k$ -ésimo individuo de la  $J$ -ésima fecha del  $i$ -ésimo bloque,

$\mu$  = valor medio de la variable en estudio,

$A_i$  = Efecto debido al  $i$ -ésimo bloque,

$B_j$  = Efecto debido al  $j$ -ésima fecha,

$C_k$  = Efecto debido al  $k$ -ésimo individuo de cada fecha,

$AB_{ij}$  = Efecto debido a la interacción del  $i$ -ésimo bloque con la  $j$ -ésima fecha,

$AC_{ik}$  = Efecto debido a la interacción del  $i$ -ésimo bloque con la  $k$ -ésimo individuo,

$BC_{jk}$  = Efecto debido a la interacción del  $j$ -ésima fecha con el  $k$ -ésimo individuo,

$ABC_{ijk}$  = Efecto de la triple interacción de los  $ijk$ -ésimos valores, y

$E_{ijk}$  = error de muestreo dentro de las unidades experimentales.

Después de organizar la base de datos y previo al ANOVA, se corrió una prueba de normalidad de Shapiro-Wilk en la que los datos en su totalidad mostraron normalidad, con un nivel de significancia mayor al 0.05%.

Una vez que se realizó el ANOVA, en aquellas variables donde se encontraron diferencias significativas entre fechas de plantación, se efectuó una prueba de comparación de medias de Tukey ( $p > 0.05$ ) para separar las fechas en grupos estadísticamente diferentes.

## 2.8. Resultados y discusión

### 2.8.1. Altura

En el Cuadro 4 se muestran los resultados correspondientes al crecimiento en altura (cm) durante los tres años que se evaluó la plantación con *P. pseudostrobus* y *P. montezumae* en el paraje “El Tejamanil”.

El crecimiento en altura es distinto en cada fecha de plantación, como se muestra en el cuadro cuatro; en el primer año la fecha uno y dos presentaron mayor crecimiento respecto a las demás fechas con 17.3 y 62 cm en *P. montezumae* y *P. pseudostrobus* respectivamente (Cuadro 4).

Al cumplir 24 meses de establecida la plantación con *P. pseudostrobus* la fecha número 2 siguió mostrando un buen crecimiento en altura con 157.8 cm lo que representa 2.6 veces más de su tamaño en la plantación de un año, seguida de la fecha 1 que alcanzó una altura de 157 cm y está solo por debajo con 0.8 cm del mejor crecimiento; la fecha 5 presentó un crecimiento de 132.3 cm, siendo esta, la fecha con el menor crecimiento ya que existe una diferencia de 25.5 cm con la fecha 2, que presentó el mayor crecimiento a los dos años como se muestra en la Figura 3.

En *P. montezumae* a los dos años la fecha del 30 de julio de 2013 (F3) presentó el mayor crecimiento en altura con 76.6 cm (5.7 veces más que en el primer año de plantación) y la Fecha 1 quedó por debajo solo con una diferencia de 2.5 cm, las demás fechas presentaron un rango menor de crecimiento entre los 56.6 a 61.2 cm (Cuadro 4 y Figura 3), es decir que las fechas tardías de plantación muestran un crecimiento menor en altura a diferencia de las fechas tempranas (Fechas 1-3); no hay que desechar la fecha inmediata a estas, porque pueden servir para establecer los parámetros de fechas de plantación en la Comunidad Indígena de Nueva San Juan Parangaricutiro.

Cuadro 4. Datos promedio del crecimiento en altura de cinco fechas de plantación con *Pinus pseudostrobus* y *P. montezumae*, establecidas en el paraje “El Tejamanil” de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, medidas a los 12, 24 y 36 meses.

Especie	Variable	Meses														
		12					24					36				
		*Tratamientos														
		F1	F2	F3	F4	F5	F1	F2	F3	F4	F5	F1	F2	F3	F4	F5
*P.p.	MEDIA	54.6	61	59.5	52.9	58.35	157	157.8	137.1	139.2	132.3	288.9	276	285	244.5	246.3
	SD	1.8	4.5	3.8	12.7	3.3	12.3	9.7	16.3	14.1	2.8	32.3	42.7	57.6	10.1	4.8
	MAX	56.2	66.8	63	64.9	62.8	175	169.4	153.4	155.8	134.2	335.9	312	336	257.4	251.1
	MIN	52.9	56.3	54.5	35.2	55.4	147	147	121.5	121.8	128.3	266.6	226	210.3	233	239.6
*P.m.	MEDIA	17.3	11.9	13.3	10.9	11	74.1	69.7	76.6	56.6	61.2	151.5	138	147	127.6	131.6
	SD	3.9	0.89	2.1	1	2.8	17.6	6	11.8	3.2	9.1	24.3	10	12.7	7.1	15.8
	MAX	20.4	13.1	15.7	12.1	13.9	85.7	73.8	89.2	60.6	71.7	172.7	149	161.4	137.3	150.3
	MIN	11.8	11.1	11.4	9.8	7.4	47.9	60.8	60.7	52.9	49.8	117	125	130.3	120.1	115.6

\*Tratamientos: Fechas de plantación (F); F1: 01 de Julio, F2: 15 de julio, F3: 30 de Julio, F4: 15 de agosto y F5: 30 de agosto del año 2013. \*P.p. *Pinus pseudostrobus* y \*P.m. *Pinus montezumae*, D.E. Desviación estándar.

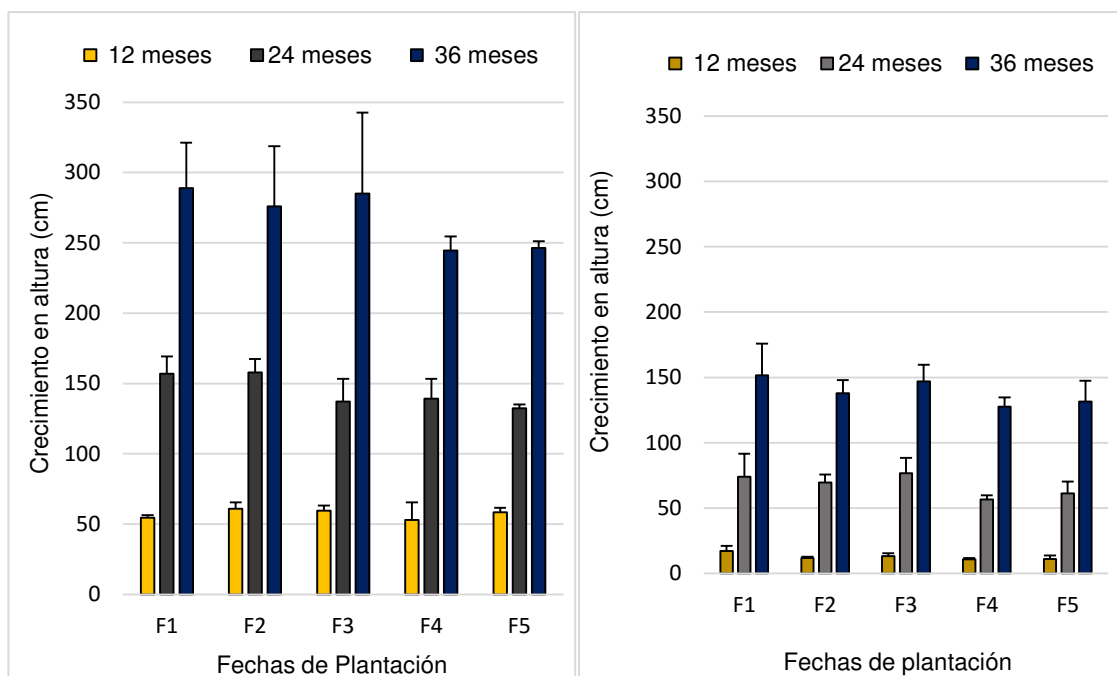


Figura 3. Comportamiento del crecimiento en altura en las cinco fechas de plantación de *P. pseudostrobus* (Izquierda) y de *P. montezumae* (Derecha), a los 12, 24 y 36 meses de establecida la plantación, en el paraje "El Tejamanil" de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán.

El mayor crecimiento en altura se dio en la fecha 1 y 3 en los tres años de establecida la plantación de *P. pseudostrobus*, con una altura media de 288.9 y 285 cm, respectivamente. Existe una diferencia en crecimiento en altura de 44.4 cm entre la fecha 1 y la fecha 4 que es la que presentó el menor crecimiento.

De forma similar en *P. montezumae* la fecha 1 y 3 presentaron mayor crecimiento en altura con 151.5 y 147 cm respectivamente, existe una diferencia de 24 cm en crecimiento en altura de la fecha 1 respecto a la fecha 4 (Figura 3).

La mayor elongación en altura se presentó en la fecha número 1 (1 de julio de 2013) y en ambas especies, a los tres años de haber sido evaluada la plantación de "El Tejamanil, diferenciándose significativamente de las demás.



Estos resultados son similares a los obtenidos por Ariza *et al.*, (2008), quienes realizaron dos plantaciones, una temprana en el mes de noviembre de 2005 y una tardía en enero de 2006 de *P. halepensis* Mill. en el mediterráneo, obteniendo como resultado que en todas las fechas de medición, el crecimiento en altura fue mayor en las plantas establecidas en noviembre (fechas tempranas de plantación para esta zona) que en las de enero (fechas tardías). Al final del período de medición las diferencias se mantuvieron de las plantas de noviembre frente a las plantas de enero las diferencias son significativas aplicando una T-student ( $p < 0,05$ ).

En la réplica que se estableció en 2015 en el paraje “Huiramo” la fecha que presentó el mayor crecimiento en altura de *P. pseudostrobus* y *P. montezumae* fue la fecha 4 con 61.4 cm y 9.8 cm, respectivamente (Figura 4). Estos resultados difieren con los que menciona Ariza *et al.* (2008). Ya que el mayor crecimiento en altura se presentó en las fechas tardías de plantación.

En *P. pseudostrobus* la fecha con menor crecimiento fue la cinco con 50.88 cm (diferencia de 10.5 cm de la fecha uno), y en *P. montezumae* la fecha tres con apenas 4.53 cm; de acuerdo a lo que menciona Estrada *et al.* (2014), el crecimiento retardado de *P. montezumae* se debe principalmente a que es una especie cespitosa ya que en los primeros años de vida su crecimiento en altura es mínimo y consecuentemente el crecimiento en altura se dará en años posteriores, así como las diferencias estadísticas que pudieran existir entre tratamientos (2 a 3 años en adelante).

Como se puede observar en la Figura 4 las fechas de plantación en *P. pseudostrobus* mostraron un crecimiento similar en altura, en cambio para *P. montezumae*, se puede observar marcadamente que las fechas de plantación tardías (15 y 30 de Agosto de 2015) presentaron mayor crecimiento en altura, contrastando a los resultados obtenidos del experimento establecido en 2013 en “El Tejamanil”.

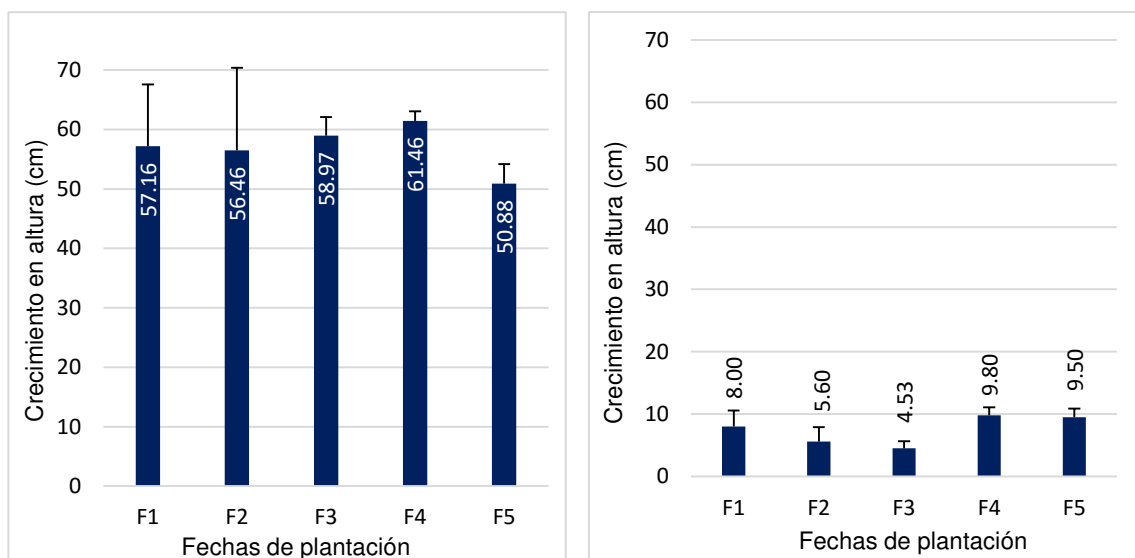


Figura 4. Comportamiento del crecimiento en altura en las cinco fechas de plantación de *P.pseudostrobus* (Izquierda) y *P. montezumae* (Derecha), a los 12 meses de establecida la plantación, en el paraje "Huiramo" de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán.

De acuerdo con Larcher, (2003), el crecimiento en altura se puede atribuir a la disponibilidad de agua al momento de establecer la plantación, por este motivo se obtuvieron datos de la estación climatológica de "El Rosario" que es la más cercana a la plantación de "El Tejamanil" y "Huiramo"; la estación arrojó datos previos al establecimiento de la primera fecha de plantación en 2013 y 2015, donde mostró que la acumulación de la precipitación en los 3 años que duro el experimento, para las fechas 1 , 2 y 3 fue de 4,138.6 mm, mientras que para las fechas 4 y 5 fue 3,733 mm, es decir existe una diferencia de 405.6 mm, durante los tres del experimento (Cuadro 5).

La precipitación que se registra en el mes de agosto es mayor que la del mes de julio durante los tres años, pero en este mes las lluvias son torrenciales, creando condiciones de sequía temporal y disminuyendo la capacidad de retención de humedad del suelo debido al tipo de lluvia. En 2014 se presentó una anomalía en el periodo de lluvias para esta zona, ya que en el mes de Junio, la precipitación

fue superior a la de los meses de julio y agosto, en este caso se pudo observar una tendencia donde las fechas tardías muestran menor crecimiento en altura en contraste con las fechas tempranas de plantación, aunque repercutió en el año posterior debido a que no existieron diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 5).

Cuadro 5. Datos de precipitación mensual/anual (mm) de los años 2013, 2014 y 2015, de la estación climatológica “El Rosario” municipio de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán.

<b>Precipitación Mensual/Anual (mm)</b>			
<b>Año/mes</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>
<b>Enero</b>	48.0	12.0	6.0
<b>Febrero</b>	0.0	0.8	28.0
<b>Marzo</b>	45.2	0.0	302.8
<b>Abril</b>	0.0	1.0	52.6
<b>Mayo</b>	29.8	91.8	99.8
<b>Junio</b>	299.2	<b>598.6</b>	201.0
<b>Julio</b>	<b>541.4</b>	<b>285.4</b>	<b>303.2</b>
<b>Agosto</b>	<b>592.4</b>	<b>381.2</b>	<b>218.4</b>
<b>Septiembre</b>	527.8	444.2	365.4
<b>Octubre</b>	234.4	198.4	469.8
<b>Noviembre</b>	126.4	53.0	14.0
<b>Diciembre</b>	34.0	3.2	70.4
<b>Total (mm)</b>	2478.6	2 069.60	2 131.40

Para determinar si existen diferencias del crecimiento en altura respecto a la fecha de plantación se realizó un ANOVA (Sig.=0.05) con los datos de las mediciones del crecimiento en altura del primer, segundo y tercer año de *P. pseudostrobus* y *P. montezumae*, en el paraje “El tejamanil”.

Los resultados obtenidos mostraron que en el primer año no existen diferencias significativas del crecimiento en altura respecto a una fecha de plantación, ya que se obtuvo un valor Sig.=0.39, en contraste con *P. montezumae* donde se presentaron diferencias estadísticas altamente significativas (Sig.=0.01) al realizar el ANOVA (Cuadro 6).

Debido a que presentaron diferencias entre tratamientos (fechas) se realizó una prueba de separación de medias de Tukey ( $P=0.05$ ). El resultado de la comparación de medias de Tukey permitió recomendar la fecha 1 y 2 (1 y 15 de julio) como fechas elegibles para establecer plantaciones de *P. montezumae*, ya que presentaron el mayor crecimiento en altura, también para descartar las fechas inapropiadas de plantación, tal es el caso de la fecha 4 (15 de agosto) que presentó el menor crecimiento en altura de las cinco fechas.

El ANOVA realizado a los dos años de establecida la plantación con *P. pseudostrobus* y *P. montezumae*, mostró diferencias estadísticas sólo para la primer especie mencionada (Sig. <0.05). Ya que en *P. montezumae* se obtuvo un valor de Sig.>0.05 (ns).

Al realizar la prueba de separación de medias de Tukey para el crecimiento en altura de *P. pseudostrobus*, a los dos años, las fechas de plantación 1 y 2 resultaron ser los mejores tratamientos para el establecimiento de plantaciones del 1 al 15 de julio (Cuadro 6); las demás fechas de plantación exhibieron un crecimiento similar en altura, pero menor a las fechas 1 y 2.

Finalmente en el análisis de varianza del tercer año, mostró que en ninguna de las dos especies existen diferencias estadísticamente significativas (Sig. >0.05). Respecto al crecimiento en altura (Cuadro 6), no obstante la ausencia de diferencias significativas para el crecimiento en altura es indicativa de poca disponibilidad hídrica en las plantaciones tardías, que si bien no provocó mortalidad, si ocasionó que el crecimiento disminuyera.

Como se muestra en el Cuadro 6, en ambas especies el mayor crecimiento se obtuvo en el periodo del 1 al 30 de junio durante los tres años que duró la evaluación del experimento, los crecimientos de las fechas tempranas siempre fueron mayores al crecimiento de las fechas tardías, en ambos casos, aunque existieron pequeñas diferencias en algún periodo de crecimiento, las fechas tempranas mostraron un mejor desarrollo en altura respecto a las demás fechas.

Cuadro 6. Análisis de varianza y prueba de separación de medias de Tukey ( $P=0.05$ .) de la variable altura de *P. pseudostrobus* y *P. montezumae*, en el paraje "El Tejamanil" de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán.

Especie	Fecha	Media / meses		
		12	24	36
<b><i>P. pseudostrobus</i></b>	F1	54.6 a	**157 a	288.9 a
	F2	61 a	**157.8 a	276 a
	F3	59.5 a	137.1 b	285 a
	F4	52.9 a	139.2 b	244.5 a
	F5	58.35 a	132.3 b	246.3 a
<b><i>P. montezumae</i></b>	F1	**17.3 a	74.1 a	151.5 a
	F2	11.9 b	69.7 a	138 a
	F3	13.3 b	76.6 a	147 a
	F4	10.9 b	56.6 a	127.6 a
	F5	11 b	61.2 a	131.6 a

\* Diferencias significativas con un valor de  $P \leq 0.05$ .

Para determinar si había o no diferencias significativas del crecimiento en altura de *P. pseudostrobus* y *P. montezumae* de 2014 a 2015 y de 2015 a 2016 se realizó una prueba de *t* para muestras relacionadas, obteniendo en ambas especies un nivel de significancia Sig.  $<0.000$  señalando que existen diferencias altamente significativas del crecimiento en altura de un año a otro en ambas localidades de la CINSP.

En la réplica que se estableció en 2015 en el paraje “Huiramo”, al realizar el análisis de varianza del primer año de plantación (2016), *P. pseudostrobus* no presentó diferencias estadísticas entre tratamientos, ya que obtuvo un valor de Sig.>0.05 igual que en la plantación de “El Tejamanil” al primer año de establecida, estos resultados son contrastantes debido a que *P. montezumae* mostró diferencias estadísticas altamente significativas en el crecimiento en altura (Sig.=0.003), donde las fechas 4 y 5 (Figura 5) las de mayor crecimiento en este paraje.

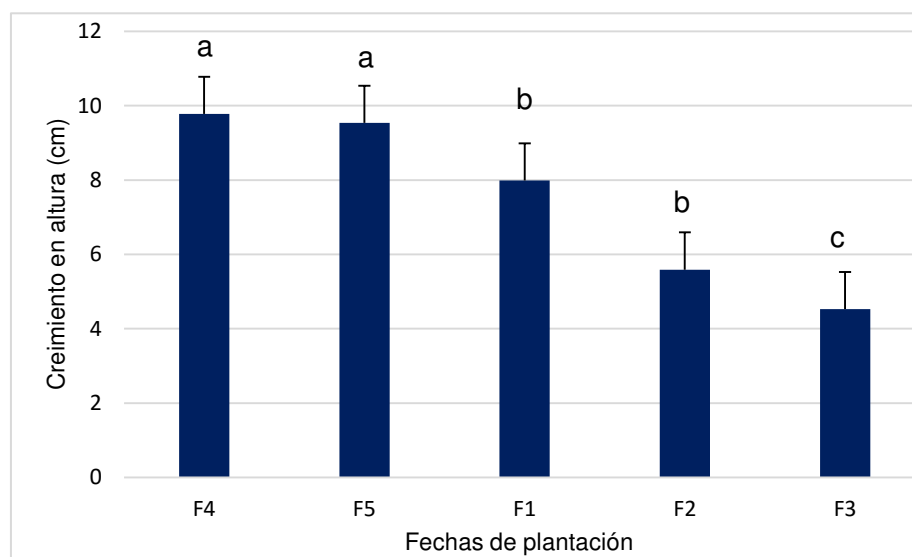


Figura 5. Resultados de la prueba de separación de medias de Tukey en la variable altura, en cinco fechas de plantación de *P. montezumae* al año de establecida la plantación, en el paraje "Huiramo" de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán.

De acuerdo a los resultados obtenidos de la réplica en 2015, se puede aseverar que una plantación forestal en sus primeros años de establecida, depende de un gran número de factores tanto climáticos como técnicos; los primeros difícilmente se pueden controlar por el hombre (Sígala *et al.*, 2015) y es ahí donde radica principalmente la elección de una fecha adecuada de plantación, no obstante en años anteriores las fechas tempranas han resultado ser las que presentaron el mayor crecimiento en altura, como en paraje “El Tejamanil”.

Los resultados obtenidos en la plantación de “El Tejamanil” son similares a los reportados por Ariza *et al.*, (2008) y Royo *et al.*, (2000), donde obtuvieron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en el crecimiento en altura en fechas tempranas de plantación (Noviembre) de *Pinus halepensis* Mill., a diferencia de las fechas tardías de plantación (Enero) donde se presentó el menor crecimiento en altura, pero a su vez son contrastantes a los obtenidos de la réplica del paraje “Huiramo” donde las fechas tardías de plantación de *P. montezumae* presentaron mayor crecimiento en altura que las fechas tempranas de plantación.

Resultados análogos obtuvo Moraga *et al.* (2000) quienes en su estudio del efecto de la fecha de plantación sobre el crecimiento en altura de *Pinus halepensis*, encontró que al final del primer verano, las diferencias entre la plantación de mayor crecimiento (enero) y la de menor (febrero) fueron de 8 cm.

Estas diferencias aumentaron durante el segundo año, llegando a superar los 20 cm concluyendo que las fechas tempranas de plantación del mes de enero son las adecuadas para esa región; tal es el caso del presente estudio donde las diferencias del crecimiento en altura van desde los 20 hasta los 40 cm entre tratamientos de ambas especies.

#### 2.8.2. Diámetro a la base del cuello de la raíz

En el Cuadro 7 se muestran los datos medios del crecimiento en diámetro del cuello de la raíz (DCR) de cada de fecha de plantación durante los tres años que fue evaluada la plantación de *P. pseudostrobus* y *P. montezumae*, en el paraje “El Tejamanil”.

En la medición que corresponde al año, la fecha del 30 de julio (F3), presentó el mayor crecimiento en DCR., de *P. pseudostrobus* y el menor crecimiento lo exhibió la fecha del 30 de agosto (F5), con una diferencia de 2.4 mm respecto a la F1 (17.5 mm).

Las demás fechas mostraron un crecimiento similar el cual se dio entre los 15.5 y 16.4 mm del DCR (Cuadro 7).

*P. montezumae* mostró crecimiento sobresaliente en la fecha que corresponde al 30 de agosto (F5), seguido de la fecha del 30 de julio (F3) con 12.9 y 12 mm equitativamente. El menor crecimiento lo ostentó la fecha 2 (15 de julio) con apenas 10.6 mm (Cuadro 7).

A los dos años la fecha del 15 de agosto (F4) de *P. pseudostrobus*, presentó ahora el mayor crecimiento en DCR, con 41.8 mm seguida de la F1 con 41 mm, y nuevamente la F5 fue la de menor crecimiento con 37.6 mm. En *P. montezumae* nuevamente la F5 exhibió mayor crecimiento con 33 mm, pero la F4 (15 de agosto) en esta medición presentó el menor crecimiento en DCR (Cuadro 7).

En promedio hubo un crecimiento de 20 mm de un año a otro en ambos casos; en la medición final que corresponde al tercer año de plantación, *P. pseudostrobus* mantuvo su crecimiento ya que la F1 y F4 fueron las que ostentaron mayor crecimiento en DCR, con 70.3 y 70 mm respectivamente, pero a diferencia del primer y segundo año ahora la F2 (15 de julio) obtuvo el menor crecimiento con una diferencia de 8.5 mm de la mejor fecha (F1) (Cuadro 7).

*P. montezumae* ahora la F1 presentó el valor más elevado en crecimiento DCR, con 62.5 mm, seguido por la F3 que en el año anterior había sido la mejor; la F4 en esta medición mostró el menor crecimiento con apenas 52.3 mm (Cuadro 7), mostrando una diferencia de 10.2 mm entre la F1 y F4.

Con los datos de las mediciones se realizó el análisis de varianza (ANOVA) (Sig. =0,05), los resultados de los valores que mostraron diferencias significativas se muestran en el cuadro 7 y en la Figura 6.



Cuadro 7. Datos promedio del crecimiento en diámetro a la base del cuello de la raíz (mm) de cinco fechas de plantación con *P. pseudostrobus* y *P. montezumae*, establecidas en el paraje “El Tejamanil” de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, medidas a los 12, 24 y 36 meses.

		Meses														
Especie	Variable	12					24					36				
		*Tratamientos														
		F1	F2	F3	F4	F5	F1	F2	F3	F4	F5	F1	F2	F3	F4	F5
*P.p.	MEDIA	15.8	17.5	16.4	15.5	15.1	41	39.9	37.7	41.8	37.6	*70.3	62.8	66.3	*70	65
	D.E	1.2	1.8	0.6	2.7	1.3	2.18	1.6	2.4	1.6	2.2	4.1	9.7	4.4	4	4.3
	MAX	17.3	20	16.9	17.5	17.5	43.8	42	41.1	44.1	40.3	73.7	71.2	72.5	76	71
	MIN	14.7	15.9	15.6	11.5	14.7	38.5	38.4	35.5	40.6	34.9	64.3	50.5	62.3	67.4	61.1
*P.m.	MEDIA	11.4	10.6	*12	11.2	*12.9	31.6	32.8	32.7	30.4	33	62.5	59	60.6	52.3	56.5
	D.E	0.5	0.4	0.6	0.5	1	2.6	1.3	1.6	5.2	4.6	4.2	3.2	1.1	3.6	9.9
	MAX	12.2	10.9	12.8	11.8	14	34	34.1	35	34.4	36.8	65.1	61.3	61.8	56	70.6
	MIN	11	10	11.3	10.6	11.8	28	31.6	31.6	23.3	26.3	56.2	54.3	59.1	47.5	48

\* Significativo en ANOVA con un valor de  $P < 0.05$ , \*Tratamientos: Fechas de plantación (F); F1: 01 de Julio, F2: 15 de julio, F3: 30 de Julio, F4: 15 de agosto y F5: 30 de agosto del año 2013. *\*P.p. Pinus pseudostrobus* y *\*P.m. Pinus montezumae*, D.E. Desviación estándar.

En el primer año de plantación solo en *P. montezumae* se obtuvieron diferencias altamente significativas, alcanzando valores Sig.= 0.003, esto indico que existían diferencias entre tratamientos respecto al crecimiento del DCR, por lo tanto se realizó la prueba de comparación de medias de Tukey (Sig. = 0.05), y se obtuvo como resultado que la fecha 5 es totalmente diferente a las demás fechas ya que presenta el mayor crecimiento en DCR y la F2 el menor crecimiento. La F5 es similar en crecimiento a la F3 y las fechas 1 y 4 son similares al crecimiento que presenta la F2 (Figura 6).

En el análisis de varianza para el segundo año de medición del crecimiento en DCR, no se obtuvieron diferencias significativas (Sig. >0.05) en ambas especies, por esta razón se realizó una prueba de t para muestras relacionadas y así determinar si había diferencias significativas del crecimiento en diámetro del cuello de la raíz de un año a otro (2014 a 2015) y se obtuvieron valores altamente significativos (Sig. <0.00001) por lo tanto, aunque el test ANOVA no ostentó diferencias entre tratamientos, si existen en el crecimiento en diámetro de un año a otro; estos resultados son legibles en la Figura 6.

En el análisis de varianza para el tercer año de plantación (evaluación de 2016), se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas (Sig.>0.05) entre tratamientos de *P.pseudostrobus*, siendo la F1 la que presentó el mayor DCR.

En la réplica del paraje “Huiramo”, en ningún caso, existen diferencias estadísticamente significativas (Sig.>0.05) del crecimiento en DCR al año de plantación, pero existen con una prueba de t del crecimiento de un año a otro (Sig. <0.0001). De igual forma se realizó una prueba de t para muestras relacionadas para ver si existen diferencias del crecimiento en DCR de un año a otro (2015 a 2016) y se obtuvieron valores altamente significativos (Sig. <0.00001). Por tanto, aunque el ANOVA no exhibió diferencias entre fechas de plantación, se distinguió que existen diferencias del crecimiento en DCR de un año a otro.

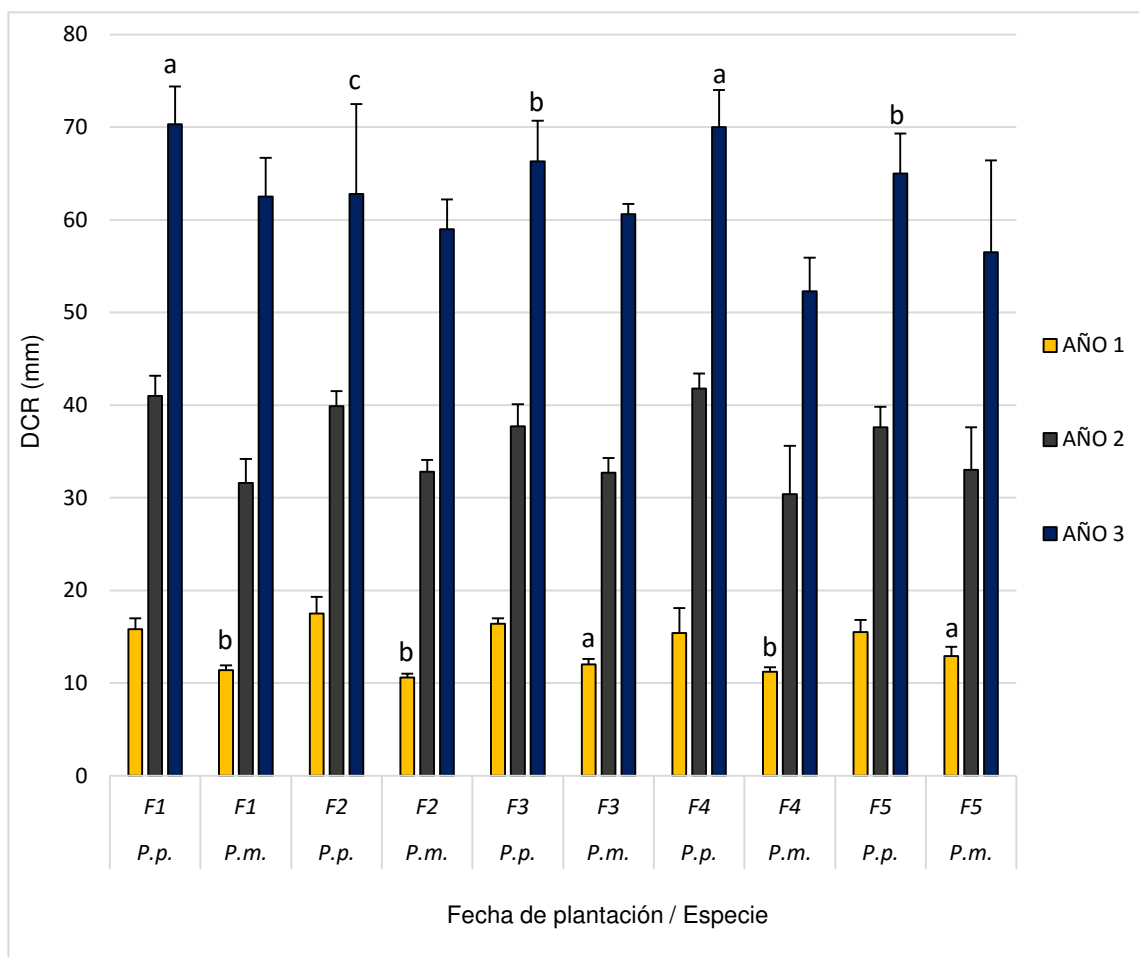


Figura 6. Resultados de la prueba de separación de medias de Tukey del crecimiento en diámetro a la base del cuello de la raíz, de cinco fechas de plantación con *P. pseudostrobus* (*P.p.*) y *P. montezumae* (*P.m.*) a los tres años de establecimiento, en el paraje “El Tejamanil” de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán.

Estos resultados difieren con los obtenidos por Mateos *et al.* (2008). Donde encontraron que para dos fechas de plantación con *P. halepensis*, las diferencias en crecimiento del diámetro fueron significativas aplicando una T-student ( $p < 0.05$ ) para todas las fechas de medición, al año de establecida la plantación el crecimiento en diámetro fue mayor en las plantas establecidas en el mes de noviembre (fechas tempranas) con respecto a las del mes de enero (fechas tardías). Rodríguez (2013), señala que bajo condiciones experimentales (invernadero) la siembra tardía con *P. patula* y *P. greggii* se pueden obtener diferencias significativas en las variables de crecimiento como diámetro y altura.

Sin embargo, existen casos contrarios donde no se observaron diferencias significativas en cada fecha de plantación, es decir que tanto en fechas tardías como tempranas la planta puede alcanzar su máximo desarrollo permitido por las condiciones climáticas.

Palacios *et al.* (2008), mencionan que el desarrollo de las plantas en términos de crecimiento viene determinado, en gran medida, por la evolución de las condiciones climáticas después del establecimiento, por tanto son condiciones que no se pueden manipular (Sígala *et al.*, 2015).

En este estudio se presentan datos de las precipitaciones como uno de los principales factores, que pueden mermar el desarrollo de las plantaciones en particular para los terrenos de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro Mich.

El análisis de los datos de precipitación (datos incluidos), indican que el suministro hídrico ha sido adecuado para la primera y segunda fecha de plantación. Por esta razón se han observado ciertas diferencias relacionadas con la fecha de plantación de modo que los brinzales introducidos en la fecha más desfavorable (fecha tardía) mostraron crecimientos menores en altura y diámetro. El hecho de que la variable fecha de plantación no resultara estadísticamente significativa puede deberse al tamaño de la muestra, lo que limita la potencia del test de análisis de varianza.

### 2.8.3. Supervivencia

Al realizar el análisis de varianza que corresponde a los tres años de medición, no se obtuvieron diferencias significativas (Sig. >0.05) para ninguna de las especies, sin embargo, al realizar una prueba de t para ver si existen diferencias en cuanto a la supervivencia de un año a otro se obtuvo un valor de Sig. = 0.0001, dando por hecho que si existen diferencias (Cuadro 8).

Cuadro 8. Promedio de la supervivencia en cinco fechas de plantación con *P. pseudostrobus* y *P. montezumae*, establecidas en el paraje “El Tejamanil” de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, medidas a 12, 24 y 36 meses.

Especie	Fecha	Media / meses		
		12	24	36
<i>P. pseudostrobus</i>	F1	62 (18.1)	37 (19.7)	28 (9.82)
	F2	54 (24.5)	53 (17.0)	28 (26.0)
	F3	59 (18.5)	56 (16.4)	17 (11.0)
	F4	71 (6.81)	54 (18.0)	35 (20.7)
	F5	56 (3.23)	50 (5.11)	33 (6.91)
<i>P. montezumae</i>	F1	73 (8.81)	55 (12.4)	34 (12.4)
	F2	66 (22.9)	52 (26.5)	46 (26.8)
	F3	79 (8.92)	64 (7.33)	63 (8.21)
	F4	49 (31.5)	45 (28.1)	46 (24.9)
	F5	45 (11.9)	30 (12.4)	28 (14.2)

() Entre paréntesis se muestra la desviación estándar.

En la gráfica de la Figura 7 se puede observar que existen diferencias en la supervivencia entre las 5 fechas de plantación, donde resalto la fecha 4 (35 %) de *P. pseudostrobus* y la fecha 3 (63 %) de *P. montezumae* durante los tres años de establecida la plantación; en años anteriores (año 1 y 2) la supervivencia se mantuvo constante con un promedio del 60 % para ambas especies, sin embargo, este porcentaje es bajo, debido a que del 40 % que corresponde a la mortandad de los dos primeros años, un 25 % fue ocasionado por la presencia de Tuzas (*Zygogeomys trichopus*) en el sitio de plantación.

Dicha situación redujo sustancialmente el porcentaje de supervivencia inicial, por lo tanto se puede atribuir en este sentido a que no existan diferencias significativas en ninguno de los tres años entre fechas de plantación por falta de individuos en la muestra; respecto al estado fitosanitario de la plantación, sólo en el segundo año de evaluación dos individuo de *P. pseudostrobus* de la F5 se vieron afectados por defoliadores “mosca sierra” (*Neodiprion omosus* Smith.), pero no repercutió en la supervivencia.

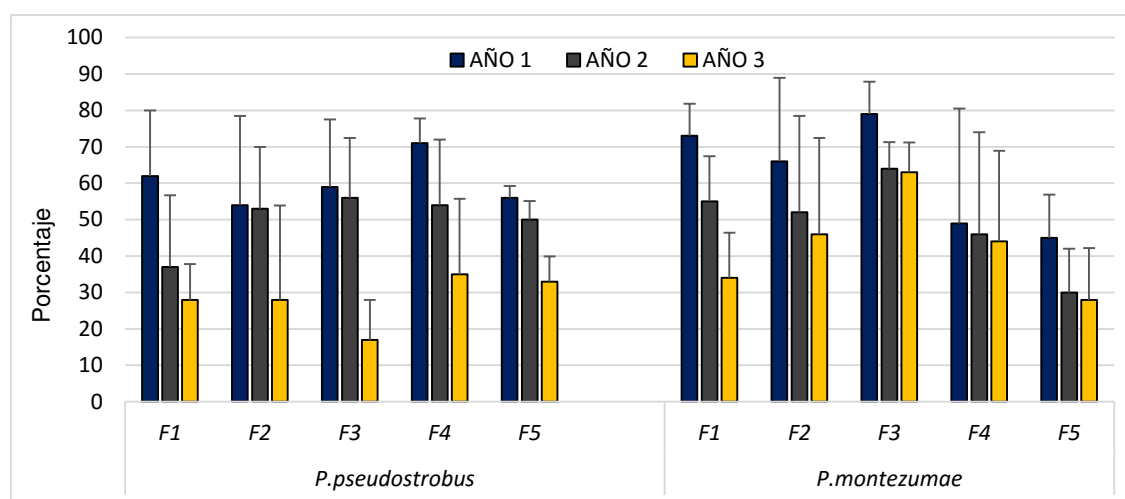


Figura 7. Porcentaje de la supervivencia durante los tres años de plantación con *P. pseudostrobus* y *P. montezumae*, establecidas en cinco diferentes fechas de plantación, en el paraje “El Tejamanil” de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán.

Los datos que se obtuvieron en la supervivencia a los tres años del paraje “El Tejamanil”, son contrastantes a los que ostentó la réplica de 2015, que corresponde al mismo año de evaluación (2015-2016), donde la supervivencia en promedio para ambas especies fue de 69 %, destacando las fechas del 1 al 15 de julio (F1 y F2) como se muestra en la Figura 8.

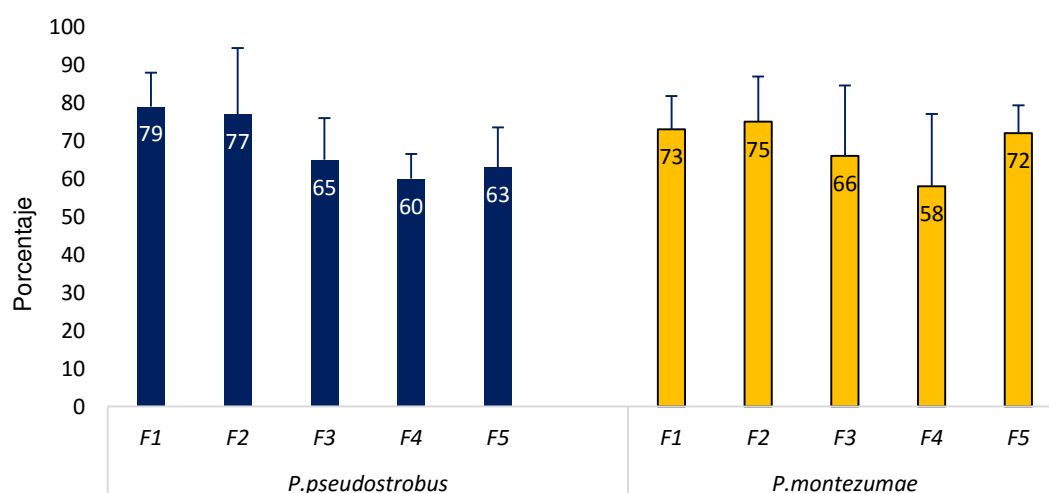


Figura 8. Porcentaje de la supervivencia del primer año de plantación con *P. pseudostrobus* y *P. montezumae*, establecidas en cinco diferentes fechas de plantación, en el paraje “Huiramo” de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán.

El análisis de varianza no presentó diferencias significativas de la supervivencia entre fechas de plantación (Sig. >0.05). Sin embargo, en la gráfica de la Figura 8 se puede apreciar una tendencia donde el mayor porcentaje de supervivencia esta dado en las fechas tempranas de plantación para ambas especies.

Datos similares obtuvo Moraga *et al.* (2000), al comparar cuatro diferentes fechas de plantación en *P. halepensis* en una región de Valencia, España, ya que no exhibieron diferencias estadísticamente significativas respecto a la supervivencia; también Mateos *et al.* (2008), en su estudio para comparar los resultados de dos fechas de plantación en *P. halepensis* en el monte “Castellano”, la supervivencia no presentó diferencias estadísticamente significativas, siguiendo una tendencia lógica a disminuir, desde el 100% inicial hasta alcanzar su mínimo en septiembre de 2005, momento a partir del cual la tendencia se estabilizó donde, al final del primer año la supervivencia fue del 80%.

Los resultados del presente trabajo, difieren con los obtenidos por Cerrillo y Pereira (2004), quienes en un ensayo en el monte “Madroñalejo” (Término Municipal de Aznalcóllar-Sevilla) sobre el efecto de la calidad de planta, el procedimiento de preparación y la fecha de plantación en la supervivencia de una repoblación de *Pinus pinea* L., encontraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) de supervivencia entre los tratamientos, siendo explicada significativamente por la fecha de plantación.

#### 2.8.4. Área de copa

El análisis de varianza para determinar si existían o no diferencias estadísticas entre fechas de plantación solo se realizó con los datos medidos del diámetro de copa del tercer año de plantación del paraje “El Tejamanil” para ambas especies, ya que en los dos primeros años el diámetro de copa no presentó diferencias entre tratamientos en ningún paraje.

*P. montezumae* fue la única especie que presentó diferencias altamente significativas (Sig.= 0.0001) en el análisis de varianza; al realizar la prueba de comparación de medias de Tukey (Sig. =0.05) la fecha del 15 y 30 de agosto (F4 a y F5 a) destacaron de las demás con 114.5 y 129.5 cm<sup>2</sup> respectivamente, las fechas tres (b), dos (c) y uno (c) se distinguieron por 97, 91.7 y 92.5 cm<sup>2</sup> de área de copa equitativamente. Resultados análogos obtuvo Laguna *et al.*, (2008) en un trabajo realizado en Galeana, Nuevo León sobre crecimiento y características de la copa de *Pinus greggii* Engelm., donde las procedencias de *P. greggii* difirieron significativamente ( $P \leq 0.01$ ) en el área de proyección de la copa. Estos resultados se deben a que utilizaron árboles de diferentes procedencias, y por ende son de características diferentes. Laguna *et al.*, (2006) encontraron que el diámetro de copa varía de 46.9 a 74.9 cm en árboles de *P. greggii* de 2.5 años de edad en la Mixteca Alta de Oaxaca.

El crecimiento de copa está relacionado ampliamente con las demás variables debido a que a la edad de medición no existe aún competencia entre individuos, por el espaciamiento en que fueron plantados (2 x 2 m), y al bajo porte de su crecimiento en altura y diámetro foliar, es decir se esperaría que a mayor edad, mayor crecimiento en altura y por consiguiente mayor desarrollo de copa. La función de la copa es promover la formación de nuevas hojas para el óptimo desarrollo de la planta (Sterck y Bungers, 2001).

### **2.8.5. Conclusiones**

Se encontraron diferencias altamente significativas (Sig.  $\leq 0.05$ ) en las variables altura y diámetro del cuello de la raíz de *P. montezumae* (12 meses) y *P. pseudostrobus* (24 meses), donde las fechas 1, 2 y 3, que corresponden al 1, 15 y 30 de julio presentaron el mayor crecimiento, esto se atribuye a la disponibilidad de humedad al momento de establecer la plantación. Por lo tanto se concluye que el crecimiento y desarrollo exponencial de las plantaciones con estas especies está altamente asociado a la fecha de plantación.



Se rechaza la hipótesis (Ha 1) ya que en la supervivencia no se presentaron diferencias significativas entre fechas de plantación (Sig. >0.05). Sin embargo, se puede apreciar una tendencia, donde el mayor porcentaje de supervivencia se ha dado en fechas tempranas de plantación para ambas especies.

En lo que respecta al área de copa *P. montezumae* presento diferencias significativas (Sig. <0.05) Entre fechas de plantación, aunque *P. pseudostrobus* marcó una tendencia de mayor área de copa en fechas tempranas de plantación en ambos parajes donde se realizó el experimento.

El establecimiento de plantaciones forestales de *P. pseudostrobus* y *P. montezumae* en terrenos de la Comunidad indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro debe realizarse al principio del mes de julio y hasta el final del mismo mes, de acuerdo con los resultados obtenidos en este trabajo, las plantas muestran mayor crecimiento en altura y DCR, además, de que a esto se liga un porcentaje elevado de supervivencia y mayor crecimiento foliar de la copa. Las fechas tardías de plantación, que corresponden al mes de agosto presentan un crecimiento estrecho, debido a que las condiciones de humedad son diferentes a las que se presentaron durante los tres años en el mes de julio donde las lluvias son más continuas y prolongadas.

Hay que recalcar que con tres años de evaluación de la plantación y el establecimiento de una réplica del experimento, estos datos no son aun concluyentes del todo, debido a las variables ambientales que se puedan presentar en años posteriores a su establecimiento y que pudieran limitar el desarrollo de las plantaciones de estas especies.

## 2.8.6. Bibliografía

- Aguilar, S. D. 2008. Programa de manejo forestal persistente para el aprovechamiento de los recursos forestales maderables para el predio denominado Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Mich. Nuevo Parangaricutiro, Mich. 271 p.
- Ariza, M. D., Navarro. C. R., Del Campo. G. A. D., Ibáñez. Ll. A. J y Jorrión. N. J. V. 2008. Influencia de la fecha de plantación al establecimiento de *Pinus halepensis* Mill. Aplicación de la proteómica estudios de Ecofisiología en campo. Córdoba, España. Soc. Esp. Cien. For. 111-117 p.
- Cerrillo, R. M. N., & Pereira, G. P. 2004. Efecto de la calidad de planta, el procedimiento de preparación y la fecha de plantación en la supervivencia de una repoblación de *Pinus pinea* L. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales. (17): 199-204.
- CONAFOR. 2016. Meta sexenal en reforestación. Comunicado de prensa, disponible en: <https://www.gob.mx/conafor/prensa/alcanza-conafor-58-1-por-ciento-de-la-meta-sexenal-en-reforestacion?idiom=es>. (Septiembre de 2016).
- Corchero, S., Gozalo, M.; Villar, P. & Peñuelas, J. L. 2002. Crecimiento radical en campo de *Pinus halepensis* y *Quercus ilex* plantados en diferentes momentos. Montes 68: 5-11.
- Estrada, C. A. E., Villareal, Q. J. A., Salinas, R. M. M., Encina, D. J. A., Cantú, A. C. M., González, R. H. & Jiménez, P. J. 2014. Coníferas de Nuevo León, México, libro técnico, primera edición, Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales. ISBN: 978-607-27-0348-3. pp. 108-124.

Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo (INAFED). 2016. Disponible en:(<http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM16michoacan/municipios/16058a.html>). Consultado: mayo de 2016.

Laguna, R. R., Manzo, S. V., Rangel, J. M., Arteaga, M. Á. C., & Pérez, A. R. 2008. Crecimiento y características de la copa de procedencias de *Pinus gregii* Engelm. En Galeana, Nuevo León. Revista Fitotecnia Mexicana. 31(1): 19-26.

Larcher, W. 2003. Libro. Physiological plant ecology: ecophysiology and stress physiology of functional groups. Springer Science & Business Media. 494 p.

Mateos, D. A., Cerrillo, R. M. N., del Campo García, A. D., Lloris, A. I., & Novo, J. J. 2008. Influencia de la fecha de plantación al establecimiento de *Pinus halepensis* Mill. Aplicación de la proteómica a estudios de ecofisiología en campo. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales, (28). 111-117.

Moraga, A. R., Sánchez, L. G., & Carrión, J. P. 2000. Efecto de la fecha de plantación sobre la supervivencia y el crecimiento del pino carrasco. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales, (10): 57-62.

Navarro, R. M., Maldonado R. & Ariza, D. 2004. Fluorescencia de la clorofila en cinco procedencia de *Pinus halepensis* Mill y su respuesta a estrés hídrico. Cuad. Soc. Esp. Cie. For. 17: 69-74.

Navarro, R. M. & Palacios, G. 2004. Efecto de la calidad de planta, el procedimiento de preparación y la fecha de plantación en la supervivencia de una repoblación de *Pinus pinea* L. Cuad. Soc. Esp. Cien. For. 17: 199-204.

- Palacios, R. G., Navarro. C. M. A. & Campo. G. A. 2008. Calidad de planta, procedimiento de preparación y la fecha de plantación en el crecimiento de *Pinus pinea* L. Cuad. Soc. Esp. Cien. For. 28: 43-48.
- Rodríguez, L. R. 1999. Variación en el patrón de crecimiento en el brote terminal de procedencias de *Pinus engelmannii* Carr. Tesis posgrado, Colegio de Postgraduados. Texcoco, México. 97 p.
- Rodríguez, M. C. 2013. Efecto de la fecha de siembra y tamaño de contenedor en el crecimiento de dos especies de pino en vivero. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. Texcoco, México. 66 p.
- Royo, A., Gil, L., Pardos, J. A. 2000. Efecto de la fecha de plantación sobre la supervivencia y el crecimiento del pino carrasco. Cuad. Soc. Esp. Cien. For. 10: 57-62.
- SEMARNAT. 2011. Producción de plantas para reforestación (1993-2009). Disponible en: [http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/estadísticas/compendio2010/archivos/01\\_rforestales/d3\\_Rforestas09\\_05.pdf](http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/estadísticas/compendio2010/archivos/01_rforestales/d3_Rforestas09_05.pdf). (Febrero de 2016).
- Sígala, R. J. Á., González, T. M. A., & Prieto, R. J. Á. 2015. Supervivencia en plantaciones de *Pinus pseudostrobus* Lindl. en función del sistema de producción y preacondicionamiento en vivero. Revista mexicana de ciencias forestales, 6(30): 20-31.
- Soto, C. J. C., Sáenz. R. C., Paz, H., & Lindig. C. R. 2015. Estrés por sequía en *Lupinus elegans* procedentes de diferentes altitudes. Madera y bosques, 21(1): 35-43.
- Sterk, F. J. & Bongers, F. 2001. Crown development in tropical rain forest trees: patterns with tree height and light availability. J. Ecol. 89: 1-13.

SPSS, I. 2011. Programa estadístico: IBM SPSS statistics for Windows, version 22. New York: IBM Corp.

Universidad Autónoma Chapingo. 2007. Evaluación externa de los apoyos de reforestación, obras y prácticas de conservación de suelos y sanidad forestal-Categoría Reforestación. Ejercicio Fiscal 2006. CONAFOR - SEMARNAT. Disponible en: [http://148.223.105.188:2222/gif.snif\\_portal/index.php?option=com\\_content&task=view&id=20&Itemid=20](http://148.223.105.188:2222/gif.snif_portal/index.php?option=com_content&task=view&id=20&Itemid=20). (Febrero de 2015).

Universidad Autónoma de Nuevo León. 2009. Reforestación. Evaluación externa fiscal 2008. Informe Nacional. CONAFOR-SEMARNAT. Disponible en: [http://148.223.105.188:2222/gif.snif\\_portal/index.php?option=com\\_content&task=view&id=20&Itemid=20](http://148.223.105.188:2222/gif.snif_portal/index.php?option=com_content&task=view&id=20&Itemid=20). (Febrero de 2015).

Universidad Autónoma Chapingo. 2010. Informe de evaluación externa de los apoyos de reforestación. Ejercicio Fiscal 2009. CONAFOR-SEMARNAT. Disponible en: [http://148.223.105.188:2222/gif.snif\\_portal/index.php?Option=comcontent&task=view&id=20&Itemid=20](http://148.223.105.188:2222/gif.snif_portal/index.php?Option=comcontent&task=view&id=20&Itemid=20). (Febrero de 2015).

## CAPÍTULO III

### **3. Patrón de crecimiento interverticilar de *Pinus pseudostrobus* Lindl. y *Pinus montezumae* Lamb., en 5 fechas diferentes de plantación.**

#### 3.1. Resumen

En el período comprendido del primero de julio de 2013 al 30 de agosto de 2016, se realizaron mediciones anuales (tres mediciones) de la longitud del brote terminal anual, del número y longitud de los ciclos y de las unidades de crecimiento presentes en una plantación de *Pinus pseudostrobus* y *Pinus montezumae* que se estableció en cinco fechas diferentes de plantación en terrenos de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro Mich., con esta información se obtuvo el patrón de elongación del brote terminal y la relación que existe con el número de unidades de crecimiento por estación en relación a la fecha de plantación. Los resultados indicaron que *P. pseudostrobus* genera 4 ciclos en fechas tempranas y 3 en fechas tardías; *P. montezumae* solo generó un ciclo anual de crecimiento. A nivel general los componentes más importantes en la variación del patrón de crecimiento anual fueron, la longitud media de cada ciclo y el número total de unidades de crecimiento presentes en cada brote, donde se obtuvieron diferencias significativas ( $\text{Sig.} \leq 0.001$ ) en relación a la fecha de plantación. Al realizar un análisis de correlación de la fecha de plantación con el número de interverticilos generados por año de crecimiento se encontró que desde la primera medición existía una correlación significativa ( $P \leq 0.0001$ ) con la fecha de plantación, la cual se mantuvo de manera consistente durante todo el periodo de estudio.

Palabras clave: *Pinus pseudostrobus* y *Pinus montezumae*, fechas de plantación y patrón de crecimiento.

### 3.2. Abstract

In the period from July 1, 2013 to August 30, 2016, annual measurements (three measurements) of annual terminal shoot length, number and length of cycles and growth units present on a plantation of *Pinus pseudostrobus* and *Pinus montezumae* that was established in five different dates of plantation in lands of the Indigenous Community of Nuevo San Juan Parangaricutiro Mich., With this information the elongation pattern of the terminal outbreak was obtained and the relation that exists with the number of units of growth per season in relation to the date of planting. The results indicated that *P. pseudostrobus* generates 4 cycles in early dates and 3 in late dates; *P. montezumae* only generated an annual cycle of growth. At the general level the most important components in the variation of the annual growth pattern were the average length of each cycle and the total number of growth units present in each outbreak, where significant differences (Sig.  $\leq 0.001$ ) were obtained in relation to the date of planting. When a correlation analysis of the date of planting with the number of intervertices generated per year of growth was found that from the first measurement there was a significant correlation ( $P \leq 0.0001$ ) with the date of planting, which was maintained in a consistent manner throughout the study period.

Key words: *Pinus pseudostrobus* and *Pinus montezumae*, planting dates and growth pattern.

### 3.3. Introducción

El patrón de crecimiento estacional en la yema terminal (crecimiento anual, fenología y duración de la estación de crecimiento) tiene un papel adaptativo importante en la etapa juvenil de desarrollo de los árboles de especies forestales (Rodríguez, 1999).

El crecimiento en altura de las especies de pino se caracteriza por presentar varios elementos que ayudan a identificar y separar el crecimiento del brote terminal en componentes. Los componentes más evidentes del brote son el número y longitud de los ciclos de crecimiento que se forman durante las condiciones ambientales favorables para su desarrollo anual (Salazar *et al.*, 1999).

Los componentes del crecimiento en altura también son resultado de la capacidad de adaptación de los individuos a condiciones ambientales específicas del sitio de plantación (Rodríguez, 1999).

La capacidad de adaptación es importante porque al establecer plantaciones con especies que responden a condiciones ambientales nuevas, pueden generar altos o bajos rendimientos de madera, o caso contrario, pueden morir y no adaptarse (Zobel & Talbert, 1988).

Debido a lo anterior, fue necesario realizar estudios de la variación del patrón de crecimiento en altura de *P. pseudostrobus* y para *P. montezumae* en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Mich., dicho estudio proporcionó información de la variación existente en las cinco fechas de plantación.



### 3.4. Materiales y Métodos

#### 3.4.1. Descripción general del área de estudio

Las plantaciones en las que se evaluó la variación del patrón de crecimiento fueron las establecidas en el paraje “El Tejamanil” en el año 2013, y 2015 en el paraje “Huiramo”, de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro Mich., las áreas de estudio están situadas entre las coordenadas 19° 24´16.7" N y 102° 14´12.7" W, a una altitud promedio de 2,650 m (Figura 9).

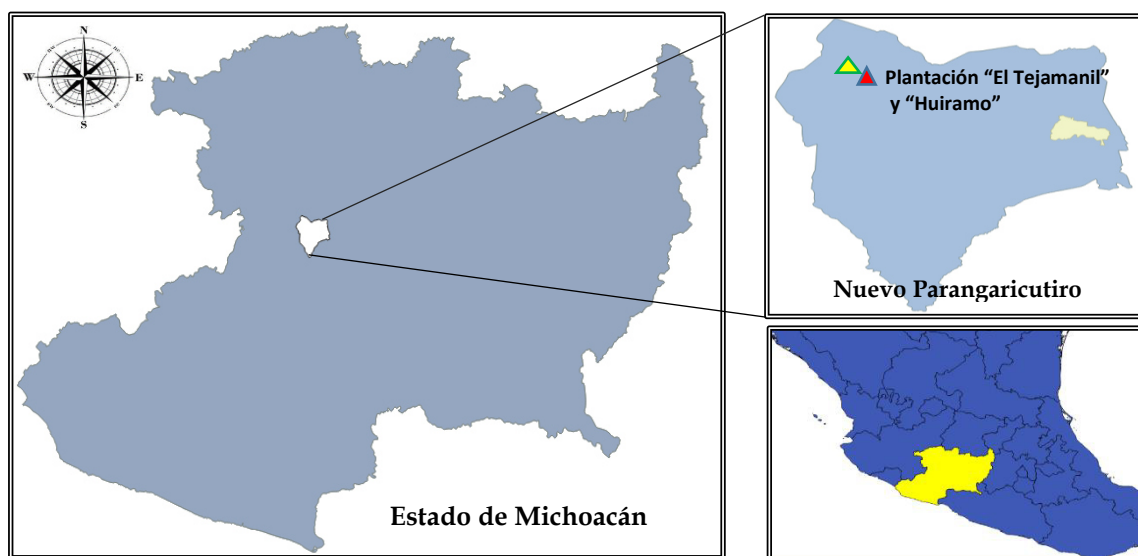


Figura 9. Ubicación geográfica de la plantación forestal de *Pinus pseudostrobus* y *Pinus montezumae*, en el paraje “El Tejamanil” y “Huiramo” de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro.

### 3.5. Proceso metodológico

El material vegetal utilizado fue el mismo de las plantaciones de 2013 y 2015, por lo tanto las condiciones tanto climáticas, edáficas y vegetación son las mismas a las que hace referencia el capítulo 2 de este trabajo; al igual que el diseño experimental empleado.

Una vez establecidas ambas plantaciones de los parajes “El Tejamanil y Huiramo”, y transcurrido el primer año de plantación se realizó la toma de datos que cumplen con el tercer objetivo específico de este trabajo.

La metodología utilizada en este caso, es la que utilizó Gómez, (1998) en su trabajo “Patrón de elongación del brote terminal en familias de *Pinus patula* Schl. Et Cham.,” que más tarde sería modificada por Rodríguez, (1999) al realizar su trabajo “variación en el patrón de crecimiento en el brote terminal de procedencias de *Pinus engelmannii* Carr.,” finalmente se hizo una adaptación de este proceso metodológico con la finalidad de poder determinar la influencia de la fecha de plantación en la variación del patrón de crecimiento en altura de *P. pseudostrobus* y *P. montezumae*.

#### 3.5.1. Metodología para la toma de datos de las unidades de crecimiento

Como se muestra en la Figura 10, se eligieron completamente al azar tres árboles, de los 25 de cada unidad experimental (Anexo 1) dando un total de 12 plantas por fecha de plantación, a las cuales se les denominó unidades de crecimiento (UC), cada UC fue etiquetada con “listón rojo”, en el que se anotó el bloque, la fecha de plantación a la que corresponde la planta, el número de la planta en la unidad experimental y el número de UC al que correspondía (Figura 10, número 1).

Una vez seleccionadas las UC, a través de conteo directo, se determinó la cantidad de Interverticilos correspondientes al año 0 (2013), que corresponde al primer año de plantación, año 1 (2014), año 2 (2015) y Año 3 (2016), que corresponden sucesivamente a los años de evaluada la plantación de “El Tejamanil” (Figura 10, número 1 y 2). Los años 0, 1, 2 y 3 fueron etiquetados con un listón blanco. La plantación establecida en 2015 del predio “Huiramo” no figura en este estudio, ya que solo se cuenta con la evaluación de una estación de crecimiento, dicha estación de crecimiento, concluye en diciembre de 2016.

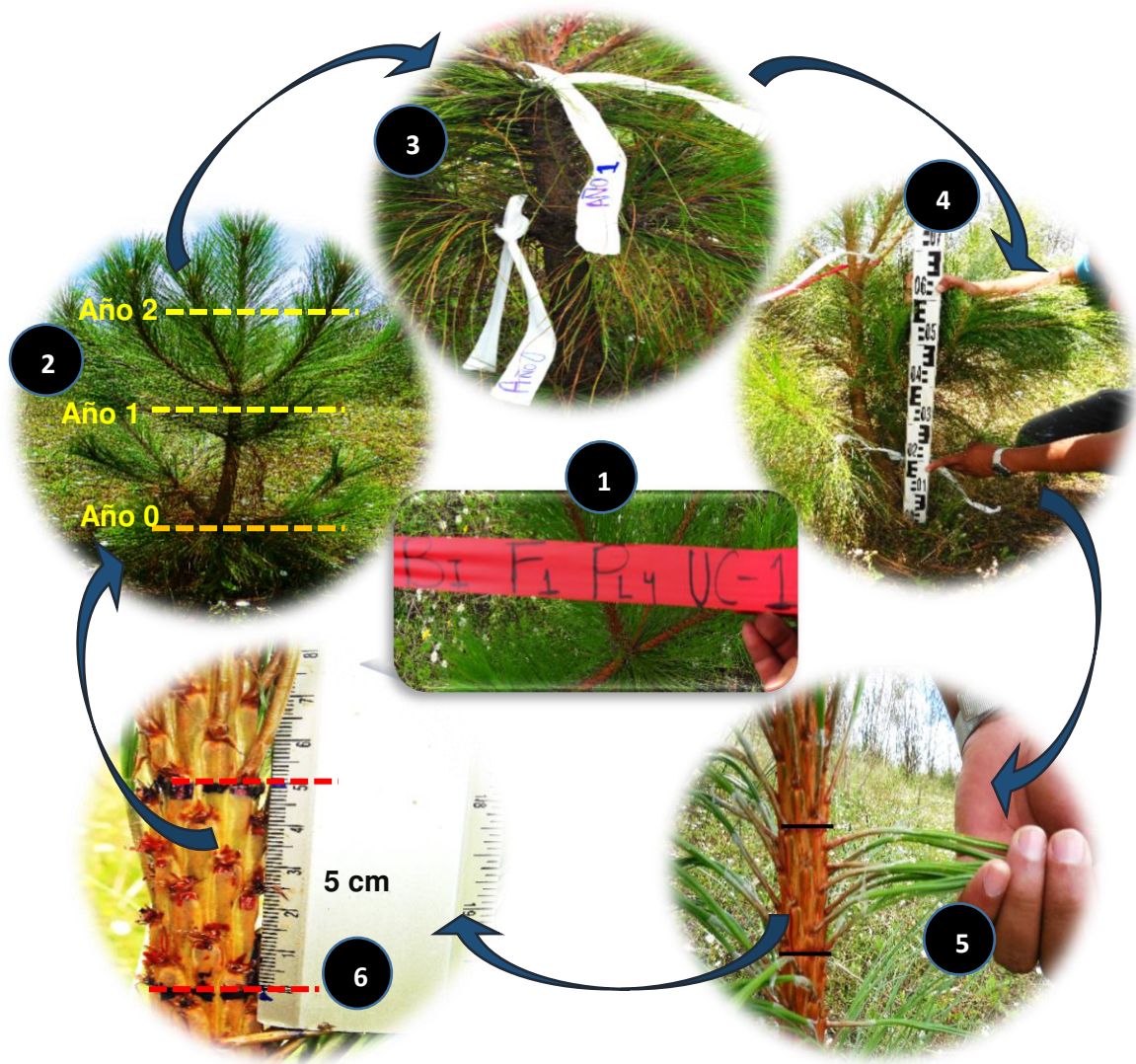


Figura 10. Metodología usada para la toma de datos de las unidades de crecimiento del experimento, fechas de plantación con *P. pseudostrobus* y *P. montezumae*, en el paraje "El Tejamanil" de la CINSP, Mich.

En cada interverticilo se midió la longitud en cm y a precisión de mm (Figura 10, número 4), posteriormente, en la parte media de cada interverticilo se marcó un espacio de 5 cm de largo por la mitad del diámetro del árbol (Figura 10, número 5), y se efectuó un conteo directo de fascículos, para finalmente calcular la cantidad de fascículos por interverticilo, por año y por UC (Figura 10, número 6).

### 3.5.2. Toma de datos de campo

Se elaboró un formato ex profeso para la toma de datos en campo (Anexo 3) de las variables: número de interverticilos por año de crecimiento, longitud de cada interverticilo (cm) y número de fascículos presentes en 5 cm de cada interverticilo; se realizaron dos mediciones, la primera en 2015 y una más en 2016.

## 3.6. Captura y análisis estadístico de los datos

La base de datos se creó en el programa Excel 2013, agrupando los datos por especie, fecha de plantación, año de crecimiento (0, 1, 2 y 3), número de interverticilos, longitud del interverticilo, y número de acículas presentes en 5 cm.

### 3.6.1. Análisis estadístico de los datos

Se obtuvieron los promedios de la longitud del interverticilo y el número de fascículos por año de crecimiento de cada fecha de plantación. Apoyado del programa estadístico IBMS-PSS Statistics 22. Se realizó el análisis de varianza con los límites de confianza del 95% y nivel de significancia F-tab. 0.05. Se utilizó el siguiente modelo estadístico de bloques al azar.

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + C_k + (E_{ijk})$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = valor observado en la variable respuesta del  $k$ -ésimo individuo de la  $J$ -ésima fecha del  $i$ -ésimo bloque,

$\mu$  = valor medio de la variable en estudio,

$A_i$  = Efecto debido al  $i$ -ésimo bloque,

$B_j$  = Efecto debido al  $j$ -ésima fecha,

$C_k$  = Efecto debido a la  $k$ -ésima UC de cada fecha,

$E_{ijk}$  = error de muestreo dentro de las unidades experimentales.

Después de organizar la base de datos y previo al ANOVA, con ayuda del programa IBM-SPSS Statistics 22, se realizó una prueba de normalidad de Shapiro-Wilk en la que los datos en su totalidad mostraron normalidad, con un nivel de significancia mayor al 0.05%.

En el ANOVA se llevó a cabo y en aquellas variables donde se encontraron diferencias significativas entre fechas de plantación, se efectuó una prueba de separación de medias de Tukey ( $p > 0.05$ ) para separar las fechas en grupos estadísticamente diferentes.

### **3.7. Resultados y discusión**

#### **3.7.1. Número de interverticilos por año de crecimiento.**

Al efectuar un análisis de correlación simple de la fecha de plantación con el número de interverticilos generados por año de crecimiento, para ambas especies, se encontró que desde la primera medición (2014) ya existía una correlación significativa ( $P \leq 0.0001$ ) con la fecha de plantación ( $r = 0.63$ ) la cual se mantuvo de manera consistente durante todo el período de estudio.

Los resultados del análisis de varianza para del número de interverticilos por año de crecimiento, indican que existen diferencias entre fechas de plantación (Sig. 0.005) en *P. pseudostrobus* ya que del primero hasta el 30 de julio se generaron en promedio 4 interverticilos y del 15 al 30 de agosto solo se generaron alrededor de 3 interverticilos por año de crecimiento, cabe destacar que los primeros en emerger, presentaron mayor elongación (estación de primavera), a diferencia de los sucesivos (otoño-invierno).

En *P. montezumae* no se obtuvieron diferencias significativas, debido a que solo desarrolla un interverticilo anual, rara vez dos; en 2016 presentó crecimiento interverticilar mayor a 60 cm, a diferencia de años anteriores donde fue menor de 12 cm.

### 3.7.2. Elongación del brote terminal

El análisis de varianza mostró que durante el año de crecimiento 1 (2014) se presentaron diferencias significativas (Sig.  $\leq 0.01$ ) en la longitud del brote terminal de *P. pseudostrobus* por efecto de la fecha de plantación (Cuadro 9).

Cuadro 9. Análisis de varianza (Sig.=0.05) de la longitud total del brote terminal de *P. pseudostrobus*, establecida en 5 fechas diferentes de plantación en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Mich.

Año de crecimiento	Variable	Suma de cuadrados	gl	Cuadrado medio	F	Sig.
1	Modelo	1050.65	4	262.66	3.13	<b>*0.01</b>
	Fecha de plantación	1050.65	4	262.66	3.13	<b>*0.01</b>
	Error	9492.17	113	84		
	Total	10542.82	117			
2	Modelo	13310.6	4	3327.65	3.05	<b>*0.02</b>
	Fechas de plantación	13310.6	4	3327.65	3.05	<b>*0.02</b>
	Error	81957.89	75	1092.77		
	Total	95268.49	79			
3	Modelo	2133.23	4	533.31	0.37	0.82
	Fechas de plantación	2133.23	4	533.31	0.37	0.82
	Error	90328.96	63	1433.79		
	Total	92462.19	67			

\*Significativo con  $P < 0.05$ . Los grados de libertad no son constantes debido al número de interverticilos que presentó cada ciclo de crecimiento.

Cabe señalar que las mediciones se iniciaron cuando el período de crecimiento ya estaba avanzado (mes de julio), por lo que no fue posible detectar el momento preciso de inicio del alargamiento del brote en cada fecha de plantación. Sin embargo, se obtuvieron diferencias desde el primer año de evaluación, por lo tanto, es probable que haya habido diferencias entre fechas de plantación desde

el inicio del crecimiento. Durante la estación de crecimiento 2 (2015) también se encontraron variaciones significativas (Sig.  $\leq 0.02$ ) entre fechas de plantación, al final de la evaluación del tercer ciclo de crecimiento (2016) no se obtuvieron diferencias significativas (Cuadro 9).

En *P. montezumae* también se encontraron diferencias significativas en las estaciones de crecimiento uno (Sig.  $\leq 0.01$ ) y estación de crecimiento dos (Sig.  $\leq 0.005$ ), pero no en la tercer estación de crecimiento (Sig.  $> 0.05$ ) (Cuadro 10).

Cuadro 10. Análisis de varianza (Sig.=0.05) de la longitud total del brote terminal de *P. montezumae*, establecida en 5 fechas diferentes de plantación en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Mich.

Año de crecimiento	Variable	Suma de cuadrados	gl	Cuadrado medio	F	Sig.
1	Modelo	394.84	4	98.71	3.24	<b>*0.018</b>
	Fecha de plantación	394.84	4	98.71	3.24	<b>*0.018</b>
	Error	1675.31	55	30.46		
	Total	2070.15	59			
2	Modelo	7853.87	4	1963.47	4.1	<b>*0.005</b>
	Fechas de plantación	7853.87	4	1963.47	4.1	<b>*0.005</b>
	Error	27296.47	57	478.89		
	Total	35150.34	61			
3	Modelo	1111.28	4	277.82	0.57	0.6846
	Fechas de plantación	1111.28	4	277.82	0.57	0.6846
	Error	27233.94	56	486.32		
	Total	28345.21	60			

\*Significativo con  $P < 0.05$ . Los grados de libertad no son constantes debido al número de interverticilos que presentó cada ciclo de crecimiento.

La variación se puede atribuir a que las plantas en sus primeros años de haber sido plantadas tienden a generar mayor número de brotes, lo cual esta correlacionado directamente con las fechas tempranas de plantación ( $r=0.63$ ).

Al realizar la prueba de comparación de medias de Tukey, la fecha de plantación del primero de julio presentó mayor elongación del brote terminal en ambas especies y en la primera estación de crecimiento (Cuadro 11), en el segundo año de crecimiento, las fechas con el mejor crecimiento del brote terminal fueron la del 15 de julio en *P. pseudostrobus* y 30 de julio para *P. montezumae* (Cuadro 11).

Cuadro 11. Separación de medias de Tukey (Sig.=0.05) de la longitud total del brote terminal de *P. pseudostrobus* (A) y *P. montezumae* (B), establecidas en 5 fechas diferentes de plantación en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Mich.

Especie	Año de crecimiento 1				Año de crecimiento 2			
	Fecha	N	Media		Fecha	N	Media	
<i>P.pseudostrobus</i>	1	27	18.28	A	2	16	79.09	A
	3	24	17.02	A	5	12	71.00	B
	2	21	13.79	B	4	14	52.21	B
	5	22	13.02	B	1	20	51.10	B
	4	24	10.10	C	3	18	45.58	B
<i>P.montezumae</i>	1	12	11.35	A	3	13	59.38	A
	2	12	8.58	B	4	11	48.91	B
	3	12	6.21	B	2	14	48.14	B
	4	12	4.71	C	5	11	47.0	B
	5	12	4.63	C	1	13	25.69	C

El número de observaciones no es igual debido al número de interverticilos que presentó cada ciclo de crecimiento en cada fecha de plantación. Medias con una letra en común no son significativamente diferentes  $P>0.05$ .

Lo anterior es congruente con lo que señala Gómez (1993) donde demostró que la mayor longitud del brote anual en algunas familias de *P. patula* fue determinada por mayor número de ciclos de crecimiento, mientras que en otras fue determinada por la longitud de algunos o todos los ciclos; tanto el número como la longitud de los ciclos de crecimiento fueron responsables de la longitud total del brote terminal durante las estaciones de crecimiento.



Gómez *et al.* (1998) señalan que la longitud total del brote terminal se correlaciona positivamente ( $r=0.62-0.74$ ) con el número de ciclos y con la longitud promedio de los mismos. Tal es el caso de este trabajo donde se pudo observar que a mayor cantidad de ciclos mayor longitud de los mismos.

Resultados similares aportaron Bridgwater (1990), demostrando que la mayor longitud del brote terminal de algunas familias de *P. taeda* fue determinada por un mayor número de ciclos de crecimiento, mientras que en otras fue determinada solo por la longitud de algunos; tanto el número como la longitud total del brote terminal son los responsables del crecimiento total de cada estación anual de crecimiento y repercute directamente en la adaptabilidad de la especie (Alía *et al.*, 1994; Acevedo *et al.*, 2005).

Rodríguez, 1999 obtuvo  $P<0.05$  en dos estaciones de crecimiento de *P. engelmannii* Carr., donde observó que la elongación del brote terminal de cada estación de crecimiento manifiesta el grado de adaptabilidad de la planta al sitio de plantación. Los resultados presentados en este trabajo señalan una tendencia similar donde el patrón de crecimiento es el principal factor de adaptabilidad y de elongación de la planta (Sig.  $<0.05$ ) el cual está dado en las fechas tempranas de plantación de forma similar se relaciona positivamente con la supervivencia de la plantación.

### 3.7.3. Número de fascículos por año de crecimiento

Al comparar el número de fascículos por brote y por estación de crecimiento, puede notarse un patrón de variación donde mostraron diferencias significativas entre fechas de plantación (estación de crecimiento 1 y 2), a pesar de ello se puede notar cierta tendencia a reducirse el número de fascículos en cada año de crecimiento hasta llegar al tercer año de evaluación donde en ningún caso existieron diferencias significativas.

El análisis de varianza mostró que durante el año de crecimiento 1 (2014) ostentaron diferencias altamente significativas (Sig.  $\leq 0.001$ ) y también en el año 2 (Sig.  $\leq 0.002$ ) en la producción de fascículos por año de crecimiento de *P. pseudostrobus* por efecto de la fecha de plantación (Cuadro 12).

Cuadro 12. Análisis de varianza (Sig.=0.05) del número de fascículos por año de crecimiento de *P. pseudostrobus*, establecida en 5 fechas diferentes de plantación en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Mich.

Año de crecimiento	Variable	Suma de cuadrados	gl	Cuadrado medio	F	Sig.
1	Modelo	287169.9	4	71792.5	5.39	<b>*0.001</b>
	Fecha de plantación	287169.9	4	71792.5	5.39	<b>*0.001</b>
	Error	732126.50	55	13311.4		
	Total	1019296.4	59			
2	Modelo	1311807.32	4	327951.83	6.23	<b>*0.0002</b>
	Fechas de plantación	1311807.32	4	327951.83	6.23	<b>*0.0002</b>
	Error	3947572.67	75	52634.3		
	Total	5259379.99	79			
3	Modelo	516150.58	4	129037.64	1.17	0.33
	Fechas de plantación	516150.58	4	129037.64	1.17	0.33
	Error	6953548	63	110373.78		
	Total	7469798.63	67			

\*Significativo con  $P < 0.05$ . Los grados de libertad no son constantes debido al número de interverticilos que presentó cada ciclo de crecimiento.

También *P. montezumae* exhibió diferencias significativas en la estación de crecimiento dos (Sig.  $\leq 0.01$ ) pero no así en la primera estación de crecimiento (Sig.  $> 0.05$ ) (Cuadro 13). Estrada *et al.* (2014) explican que el crecimiento retardado de *P. montezumae* se debe principalmente a que es una especie cespitosa, ya que en los primeros años de vida, su crecimiento es mínimo y

consecuentemente el crecimiento en altura se dará en años posteriores así como las diferencias estadísticas que pudieran existir entre tratamientos (2 a 3 años en adelante); sin embargo en este caso en la estación de crecimiento tres no presentó diferencias estadísticas (Sig. >0.05).

Cuadro 13. Análisis de varianza (Sig.=0.05) del número de fascículos por año de crecimiento de *P. montezumae*, establecida en 5 fechas diferentes de plantación en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Mich.

Año de crecimiento	Variable	Suma de cuadrados	gl	Cuadrado medio	F	Sig.
1	Modelo	12324.11	4	3081.03	1.69	0.1649
	Fecha de plantación	12324.11	4	3081.03	1.69	0.1649
	Error	100137.06	55	1820.67		
	Total	112461.16	59			
2	Modelo	491155.23	4	122788.81	5.77	<b>*0.0006</b>
	Fechas de plantación	491155.23	4	122788.81	5.77	<b>*0.0006</b>
	Error	1213045.37	57	21281.5		
	Total	1704200.60	61			
3	Modelo	243756.06	4	60939.01	2.35	0.065
	Fechas de plantación	243756.06	4	60939.01	2.35	0.065
	Error	1453199.26	56	254949.99		
	Total	1696955.31	60			

\*\*Significativo con  $P < 0.05$ . Los grados de libertad no son constantes debido al número de interverticilos que presentó cada ciclo de crecimiento.

Se encontró una correlación positiva significativa ( $p \leq 0.001$ ) entre el número de fascículos (unidades de crecimiento) y la longitud del brote terminal de cada fecha de plantación evaluada, y aunque no fue muy elevada dicha correlación ( $r=0.40$ ), señaló que a mayor elongación del brote terminal mayor contenido de fascículos por unidad de crecimiento.

Resultados análogos encontraron Gómez (1993) y Rodríguez (1999), quienes también mencionan que existe correlación positiva ( $p \leq 0.01$ ) respecto al número de brotes terminales y la producción de unidades de crecimiento, resaltando ampliamente, que a mayor longitud del brote terminal, mayor número de unidades de crecimiento.

Por su parte López *et al.* (2000) en su trabajo variación intraespecífica en el patrón de crecimiento del brote terminal de *P. greggii.*, enmarcan que existe correlación positiva elevada ( $r > 0.50$ ) entre la longitud del ciclo de crecimiento y el número de unidades de crecimiento formadas.

La comparación de medias de Tukey, demostró que la fecha del primero de julio y la del 15 del mismo mes, mostraron mayor producción de unidades de crecimiento en la estación 1 y 2 (Cuadro 14); en *P. montezumae* se ostentó en la fecha del 30 de julio pero del segundo ciclo de producción (Cuadro 14).

Cuadro 14. Separación de medias de Tukey (Sig.=0.05) del número de fascículos por año de crecimiento de *P. pseudostrobus* y *P. montezumae*, establecidas en 5 fechas diferentes de plantación en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Mich.

Especie	Año de crecimiento 1				Año de crecimiento 2			
	Fecha	N	Media		Fecha	N	Media	
<i>P. pseudostrobus</i>	<b>1</b>	12	275	A	<b>2</b>	16	600	A
	3	12	270	A	1	20	363	B
	5	12	204	B	3	18	335	B
	2	12	162	B	5	12	306	B
	<b>4</b>	12	90	C	<b>4</b>	14	203	B
<i>P. montezumae</i>	-	-	-	-	<b>3</b>	13	427	A
	-	-	-	-	2	14	323	B
	-	-	-	-	5	11	240	B
	-	-	-	-	4	11	232	B
	-	-	-	-	<b>1</b>	13	176	C

Los grados de libertad no son constantes debido al número de interverticilos que presentó cada ciclo de crecimiento.

Codecio & Fernández (2003); Jackson (1976), comentan que las diferencias estadística entre familias de *P. radiata* D. Don para la fecha 1 (Noviembre) de crecimiento, están influenciadas por las condiciones ambientales, sin embargo afirmaron que la primer fecha de plantación se ve poco afectada por estas condiciones y por lo tanto tiene más posibilidades de generar brotes nuevos con mayor cantidad de unidades de crecimiento.

Tal es el caso de las unidades de crecimiento (UC) de *P. pseudostrobus* que de un año a otro aumentaron considerablemente de alrededor de 300 a 600 UC. Esta relación es proporcional a la longitud del brote terminal debido a que existe una correlación positiva, donde a mayor longitud del brote, mayor número de fascículos por unidad de crecimiento.

Es probable que el tener menos unidades de crecimiento en los últimos ciclos (ciclo 3), permitió mayor elongación, pero no aumentó en número de producción de fascículos, esto hace pensar que el principal factor responsable de la elongación del ciclo de crecimiento fue el número y cantidad de unidades de crecimiento, un ejemplo claro es el desarrollo de *P. montezumae* que genera sólo un brote por año, comparado con *P. pseudostrobus* que genera de 3 a 4 brotes por estación de crecimiento.

Estos resultados difieren con los obtenidos por Rodríguez (1999) ya que su trabajo con *P. engelmannii* no presentó diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en el número de unidades de crecimiento; a pesar de no existir diferencias entre procedencias y el número de unidades de crecimiento, se pudieron apreciar diferencias aisladas entre dos procedencias, estas procedencias mostraron una correlación positiva ( $r = 0.40$ ) durante dos años ya que fueron constantes en su desarrollo. Al respecto Bridgwater *et al.* (1990) encontraron en el primer ciclo de verano que el número de unidades de crecimiento se mantuvo constante en pruebas con familias de *P. taeda* en diferentes ambientes y además esa variable fue buen predictor de la elongación anual del brote terminal en años sucesivos.

Por su parte Gómez (1993) encontró durante dos años de evaluación que el primer ciclo se formó la mayor cantidad de unidades de crecimiento en todas las familias de *Pinus patula*, aunque son estudios diferentes de especies que presentan varios ciclos de crecimiento por año, pueden ayudar a entender mejor los resultados obtenidos en este estudio.

De hecho las diferencias encontradas en los componentes de crecimiento muestran que las fechas de plantación tempranas tienden a formar mayor número de unidades de crecimiento y longitud del brote al aprovechar las condiciones ambientales; en este sentido la elongación del brote terminal de cada estación de crecimiento manifiesta el grado de adaptabilidad de la planta al sitio de plantación.

### **3.8. Conclusiones**

Con base en los resultados obtenidos en el presente estudio, es posible establecer las siguientes conclusiones.

*Pinus pseudostrobus* genera en promedio 4 interverticilos por año de crecimiento en fechas del 1 al 30 de julio y del 15 al 30 de agosto solo generó alrededor de 3 interverticilos por año de crecimiento, los primeros interverticilos en emerger presentaron mayor longitud, a diferencia de los sucesivos. En cambio *Pinus montezumae* solo desarrolló un interverticilo anual, rara vez dos, y en 2016 presentó crecimiento interverticilar mayor a 60 cm respecto años anteriores.

Los componentes más importantes en la elongación del brote terminal en ambas especies fueron la longitud media de los ciclos de crecimiento ( $r=0.63$ ) y el número de unidades de crecimiento ( $r=0.40$ ) en cada brote, asociados a la fecha de plantación.

La elongación del brote terminal de ambas especies, se mostró asociada con las fechas tempranas de plantación (fecha 1, 2 y 3), durante la primera, segunda y tercera estación de crecimiento que corresponden al año 2014, 2015 y 2016 respectivamente, mostrando consistencia, ya que las fechas que en un año tuvieron el mayor crecimiento interverticilar, también lo tuvieron en el siguiente.

La variación en el patrón de crecimiento en las tres estaciones, para ambas especies, esta mayormente relacionado con el número de unidades de crecimiento que con la longitud media de los brotes, análogamente se presentó mayor número de fascículos por unidad de crecimiento en las fechas del 1 al 30 de julio (Sig.  $\leq 0.01$ ), por lo tanto se acepta la Ha 2, debido a que existen diferencias significativas en el crecimiento total del brote terminal, respecto a la fecha de plantación.

Respecto al número de fascículos por año de crecimiento, ambas especies presentaron diferencias estadísticamente significativas de forma constante ya que destacan las fechas 1, 2 y 3, por presentar el mayor número de fascículos por unidad de crecimiento en los ciclos uno y dos de *Pinus pseudostrobus* y *Pinus montezumae*. En ambas especies se observaron diferencias en el crecimiento del brote, mismas que se correlacionaron de forma positiva ( $r = 0.62$ ) con el número de ciclos de crecimiento.

Con los resultados obtenidos, se recomienda que para el establecimiento de plantaciones con *P. pseudostrobus* y *P. montezumae* en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, deben realizarse del 01 al 30 de Julio, para ambas especies, ya que en este periodo se garantiza mayor capacidad de producción de brotes, por lo tanto existe mayor número de fascículos por unidad de crecimiento, que se traduce en un mayor crecimiento en altura, DCR y mayor supervivencia de estas especies.

### 3.9. Bibliografía

- Acevedo, R. R., Vargas, H. J. J., López, U. J. & Velázquez, M. J. 2004. Efecto de la procedencia geográfica y de la fertilización en la fenología del brote terminal en plántulas de *Pseudotsuga* sp. *Agrociencia* 40: 125-137.
- Alía, R., Agúndez, D. and Notivol, E. 1994. Growth phenology variation in south European Scots pine provenances. In *Proceedings of the IUFRO S2.02.18. Symposium "Scots pine breeding and genetics"*, Lithuania, 13-17 September 1994. pp. 17-23.
- Bridgwater, F. E. 1990. Shoot elongation patterns of loblolly pine family's selected for contrasting growth potential. *For. Sci.* 36(3):641-656.
- Codecio, V. & Fernández, L. J. 2003. Shoot phenology studies to determine growth cycles in two *Pinus radiata* D. Don progeny tests in northern Spain. *Proceedings of the Symposium of the North American Forest Commission, Forest Genetic Resources and Silviculture Working Groups, and the International Union of Forest Research Organizations (IUFRO)*. Pp. 88-96.
- Estrada, C. A. E., Villareal, Q. J. A., Salinas, R. M. M., Encina, D. J. A., Cantú, A. C. M., González, R. H. & Jiménez, P. J. 2014. *Coníferas de Nuevo León, México, libro técnico, primera edición*, Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales. ISBN: 978-607-27-0348-3. pp. 108-124.
- Gómez, C. M. 1993. Patrón de elongación del brote terminal en familias de *Pinus patula* Schl. Et Cham. Contrastantes en potencial de crecimiento en altura. Tesis posgrado, Colegio de postgraduados. 120 p.

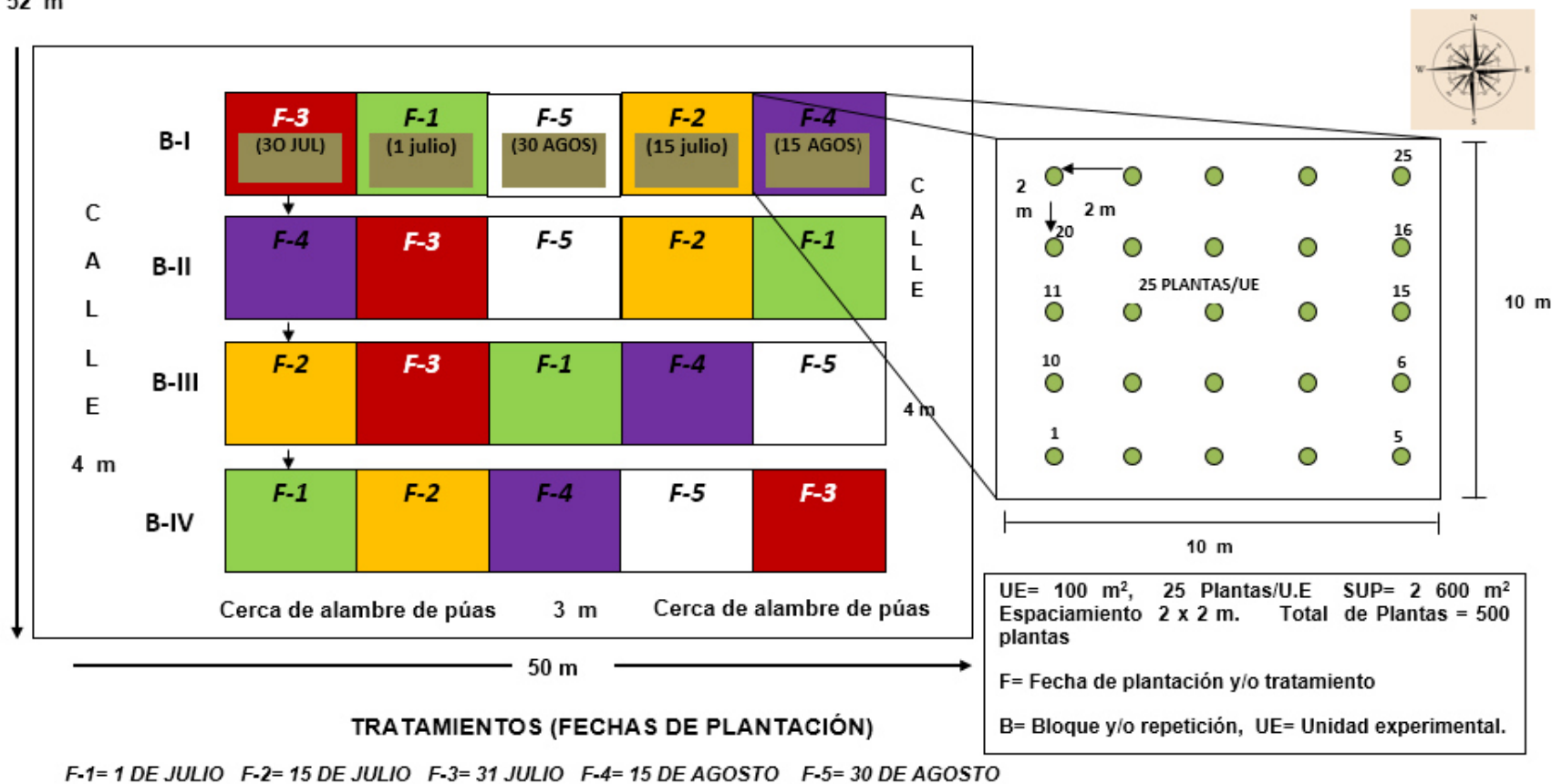


- Gómez, C. M. 1998. Patrón de crecimiento anual del brote terminal en arboles jóvenes de *Pinus patula* Schl. Et Cham. Agrociencia. 32 (4): 12.
- Jackson, D. S., Gifford, H. H. and Chittenden, J. 1976. Environmental factors influencing the increment of *Pinus radiata*. 2: Effects of seasonal drought on height increment. NZ J. For. Sci. 5: 265-286.
- López, A. J., Vargas. H. J., Ramírez. H. C. & López. U. J. 2000. Variación intraespecífica en el patrón de crecimiento del brote terminal de *P. greggii* Engelm. Revista Ciencia Chapingo. Ciencias Forestales y Ambiente 5(2): 133-140.
- Rodríguez, L. R. 1999. Variación en el patrón de crecimiento en el brote terminal de procedencias de *Pinus engelmannii* Carr. Colegio de postgraduados. 97 p.
- Salazar, G. J. G., Vargas. H. J. J., Jasso. M. J., Molina. G. J. D., Ramírez. H. C., & Lopez. U. J. 1999. Variación en el patrón de crecimiento en altura de cuatro especies de *Pinus* en edades tempranas. Revista Maderas y Bosques 5 (2): 19-34.
- SPSS, I. 2011. Programa estadístico, IBM SPSS statistics for Windows, version 22. New York: IBM Corp.
- Zobel, B.J. & Talbert. J. 1988. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. Editorial Limusa, México. 545 p.

#### 4. Anexos.

Anexo 1. Diseño experimental utilizado para la plantación y mediciones, en el experimento fechas de plantación con *Pinus pseudostrobus* y *P. montezumae*, en la CINSP. Mich.

52 m



Anexo 2. Formato utilizado para la toma de datos de altura, DCR, diámetro de copa y supervivencia, en el experimento fechas de plantación con *Pinus pseudostrobus* y *P. montezumae*, en la CINSP. Mich.

PARAJE	ESPECIE	FECHA	MIDIO:

FECHA No.:			BLOQUE:	
Planta No.	ALT (cm)	DCR (mm)	D. COP. (cm)	SUPE.
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				

FECHA No.:			BLOQUE:	
Planta No.	ALT (cm)	DCR (mm)	D. COP. (cm)	SUPE.
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				

Observaciones. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Anexo 3. Formato utilizado para la toma de datos de las unidades de crecimiento, en el experimento fechas de plantación con *Pinus pseudostrobus* y *P. montezumae*, en la CINSP. Mich.

PARAJE	ESPECIE	FECHA	MIDIO:

[illegible]

Observaciones. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_